Aus der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik I
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. E. Körber
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

Vergleichende klinisch – röntgenologische Untersuchung der Differenzen zwischen retraler Kontaktposition und habitueller Interkuspidation

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
HEINI KIESELMANN
aus Eutingen a. d. Enz

1986

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543903_0056

Aus der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik I
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. E. Körber
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

Vergleichende klinisch – röntgenologische Untersuchung der Differenzen zwischen retraler Kontaktposition und habitueller Interkuspidation

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
HEINI KIESELMANN
aus Eutingen a. d. Enz

1986

Dekan: Professor Dr. J. Dichgans
1. Berichterstatter: Privatdozent Dr. W. B. Freesmeyer
2. Berichterstatter: Professor Dr. H. Wörner

Druck: Zeeb-Druck, Tübingen 7 (Hagelloch)

Ein Sandkorn ist der Erdball, rufst du aus
und blickst ergriffen auf den Sternensaus.
Dann wendest du dich um und lauschst beim Tee
den Professoren A und B und C.
Und siehe da, auf deinem Körnchen Sand
erhebt sich Wissenschaft, ein Elefant.
Das Korn bleibt Korn. Du aber, gläubig, munter,
du bringst den Elefanten auf ihm unter.
Und liegst davor sogar noch auf den Knien;
das Sandkorn trägt geduldig dich und ihn.
Aber trotz Gelehrsamkeit und Hochgefühl:
Ihr seid nicht größer als - ein Molekül.

Christian Morgenstern

Charlotte und meinen Eltern
in Dankbarkeit gewidmet

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	EINLEITUNG	1
2.	RÖNTGENOLOGIE DER KIEFERGELENKE EINE LITERATURÜBERSICHT	4
2.1.	Methoden mit geringem positionsdiagnostischem Aussagewert	6
2.1.1.	Transfaciale Aufnahmetechnik	6
2.1.2.	Subcranielle Aufnahmetechnik	7
2.1.3.	Panoramaschichtaufnahmen	8
2.2.	Positionsdiagnostisch bedeutsame Methoden der röntgenologischen Kiefergelenksdarstellung	9
2.2.1.	Schräglaterale Kiefergelenksröntgenaufnahmen	9
2.2.2.	Kombinationsmethoden röntgenologischer Kiefergelenksdarstellung in mehreren Raumebenen	15
2.2.3.	Tomographien	20
2.2.4.	Computertomographie (CT - Scan)	21
3.	FRAGESTELLUNG	26
4.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	27
4.1.	Voruntersuchung am mazerierten Schädel	27
4.1.1.	Bestimmung des horizontalen Kondylenwinkels	27
4.1.2.	Röntgendarstellung eines Kiefergelenks in "Normallage" und "Retrocaudallage" unter verschiedenen dorsal-excentrischen Einstellwinkeln (Untersuchung am mazerierten Schädel)	31
4.2.	Hauptuntersuchung	40
4.2.1.	Probanden	40
4.2.2.	Durchführung der Untersuchung	41
4.2.3.	Meßtechnische Auswertung	48
4.3.	Ergebnisse	54

4.3.1.	Horizontaler Kondylenwinkel	55
4.3.2.	Vergrößerungsfaktor der schräglateralen Röntgenbilder	56
4.3.3.	Bestimmung der Einstellgenauigkeit anhand der Differenzwinkel zwischen den Frankfurter Horizontalen	58
4.3.4.	Winkelwerte der Kiefergelenkrotation (ω)	59
4.3.5.	Unterschiede zwischen retraler Kontaktposition und habitueller Interkuspidation Statistische Übersicht	60
4.3.6.	Sagittale RKP - IKP - Differenzen der Kondylenpositionen	61
4.3.7.	Vertikale RKP - IKP - Differenzen der Kondylenpositionen	64
4.3.8.	Gesamtbetrachtung der RKP - IKP - Differenzen	67
5.	DISKUSSION	69
5.1.	Diskussion der Methode	69
5.2.	Diskussion der Ergebnisse	70
6.	ZUSAMMENFASSUNG	75
7.	LITERATURVERZEICHNIS	77
	ANHANG	94

1. Einleitung

In der Literatur gibt es eine Vielfalt unterschiedlicher Meinungen über die Positionen, die die Gelenkflächen des menschlichen Kiefergelenks zueinander einnehmen sollen. Hauptsächlich wird diskutiert, ob eine harmonische Okklusion, ohne Traumatisierung der Kiefergelenke und der Kaumuskulatur, in der habituellen Kontaktposition oder in der retralen Kontaktposition erreicht werden kann. Die überwiegende Anzahl der Autoren, die sich mit dieser Problematik beschäftigt haben, neigen der retralen Kontaktposition als der idealen Okklusion zu. Sie begründen dies mit der Tatsache, daß sie jederzeit reproduzierbar sei. (MOTSCH 75).

Einen gewissen Freiraum, ausgehend von der retralen Kontaktposition in ventraler Richtung, räumen STUART (110) und RAMFJORD (88) der idealen Okklusion ein. STUART gibt als dorsalste Position, der retralen Kontaktposition, die Zahn-zu-Zahn Beziehung an und räumt ihr "Freiheit" bis zur ventralsten Position, der Zahn-zu-Zweizahn Beziehung, ein. RAMFJORD sieht dies ähnlich, indem er einen Freiraum von der stabilen retralen Kontaktposition bis zur idealen Okklusion, der "long centric", von 0,3 - 0,8 mm erlaubt.

Aus etwas anderer Richtung sieht GERBER (33) dieses Thema. Er definiert die Mastikationszentrik weniger von der Okklusion her, sondern beschreibt eine Kondylus-Fossa Beziehung bei idealer Okklusion, bei der die Scheitelpunkte beider Kondylen im Zenit der Gelenkgruben stehen sollen.

E. KÖRBER (58) hält die retrale Position für die maximale Interkuspidation nur dann für ideal, wenn die retrale Kontaktposition mit der muskelorientierten Position, also der habituellen Kontaktposition zusammenfällt.

KUBEIN (61, 62, 63, 64) definiert eine physiologische Kondylenposition (PKP) mit dem Wendepunkt von Fossa artikularis zu Eminentia artikularis, der mit der okklusionsbedingten Achsenstellung identisch sein soll, unter den Voraussetzungen, daß die Seitenzähne maximalen Vielpunktkontakt auf pro- und retrusiven Facetten haben und die Unterkieferincisalkanten in den Nullpunkten der palatinalen Konkavitäten stehen. Damit soll eine ideale und physiologische Funktion durch eine Unterkieferführung an den pro- und retrusiven Facetten sowie einer Frontzahnführung ermöglicht werden.

FREESMEYER (26) ist der Ansicht, daß man keine festgelegte Okklusion und damit eine "ein für allemal gültige Kiefergelenksposition" fordern dürfe, sondern sich als Behandler der gegebenen Situation anzupassen hätte. Das heißt: Ein beschwerdefreier und funktionsdiagnostisch unauffälliger Patient darf eine leicht handgeführte, muskelorientierte Schlußbißstellung in harmonischer Okklusion und Artikulation einnehmen, wohingegen beispielsweise bei einem schwer gelenkerkrankten Patienten eine therapeutische, gut fixierte Okklusion und damit oftmals auch eine Kiefergelenksposition eingestellt werden muß, die man bei einem Gesunden als "Malposition" bezeichnen würde. In dieser Stellung muß jedoch für den Patienten eine subjektive Gelenkentlastung fühlbar sein.

Bei der Planung von Zahnersatz, bei Verlagerungen der Kiefer im Rahmen der kieferorthopädischen Chirurgie, bei der Traumatologie des Gesichtsschädels, bei der kieferorthopädischen Therapie und insbesondere bei der Behandlung von Funktionsstörungen des stomatognathen Systems, die heute bereits die dritte Häufigkeitsstelle der zahnärztlich behandelbaren Krankheiten einnehmen (SCHULTE 100), ist eine optimale Diagnostik der Kiefergelenke von zentraler Bedeutung.

Einer der häufigsten Triggerfaktoren für Bruxismuns zum Beispiel ist eine Diskrepanz zwischen zentrischer Relation und

zentrischer Okklusion. (RAMFJORD & ASH 87). Diese Diskrepanz läßt sich klinisch anhand verschiedener Möglichkeiten feststellen. So hat BEYRON (5) in Anlehnung an POSSELT (85, 86), ZEIHER (119) und MÜLLER (76) festgestellt, daß ungefähr 80% der von ihnen untersuchten Patienten Differenzen von durchschnittlich 1 mm zwischen retraler Kontaktposition und habitueller Interkuspidation aufwiesen.

Ob und inwieweit sich diese klinisch gefundenen Werte auch röntgenologisch nachweisen lassen, darüber soll diese Arbeit nähere Auskunft geben.

2. Röntgenologie der Kiefergelenke
Eine Literaturübersicht

Als alleiniges diagnostisches Mittel wurde die Röntgenologie noch nie betrachtet, doch als Ergänzung und zur Sicherung einer klinischen Diagnose ist sie in der heutigen Medizin unerläßlich. Auch in der Diagnostik der Kiefergelenkserkrankungen spielt das Röntgenbild eine oftmals entscheidende Rolle. Dabei richtet sich die gewählte Aufnahmetechnik nach dem klinischen Befund und nach der damit verbundenen Fragestellung des Untersuchers. Die Frage nach einer Konturunterbrechung der knöchernen Gelenksanteile sowie des aufsteigenden Unterkieferastes, mit dem Collum mandibulae, verlangt eine gänzlich andere Aufnahmetechnik, wie die Frage nach einer strukturellen Veränderung der inneren Gelenksanteile, einschließlich des Discus artikularis und der Fossa - Kondylus - Beziehung, wie dies beispielsweise bei einer "Arthropathia deformans" notwendig ist.

Darüber hinaus kommt der röntgenologischen Positionsdiagnostik unter der Voraussetzung, daß das Kiefergelenk als dreidimensional bewegliches Rezeptororgan zu betrachten ist (SCHULTE 98, 99, 100), eine entscheidende Bedeutung zu. Sie verlangt detailierte Aussagen über die Kondylus - Fossa - Beziehungen, mit identisch reproduzierbaren Einstellverfahren der Röntgengeräte.

Aus der großen Anzahl von Veröffentlichungen über die röntgenologische Darstellung der Kiefergelenke läßt sich schliessen, daß mit den empfohlenen Techniken nicht immer befriedigende Röntgenbilder zu erzielen sind. So wurde immer versucht, die Aufnahmetechniken zu ändern, in oftmals nur geringfügigen Variationen, um zu besseren Bildern und damit auch zu eindeutigeren Aussagen zu gelangen.

Die Problematik gründet sich auf die morphologische Vielfalt der Gelenke, auf ihre Kleinheit und ganz besonder auf ihre röntgenologisch ungünstige Topographie im Bereich der mittleren Schädelbasis.

Abb. 1:
Lateralansicht der rechten Kiefergelenksregion.

Abb. 2:
Caudolaterale Aufsicht auf die mittlere Schädelbasis.

Die Kiefergelenke sind in allen denkbaren Projektionsrichtungen von kompaktareichem Knochen umgeben.

2.1. Methoden mit geringem positionsdiagnostischem Aussagewert

2.1.1. Transfaciale Aufnahmetechnik

In der zweiten Decade unseres Jahrhunderts versuchte man, wegen der noch relativ leistungsschwachen Röntgenapparate, über "transfaciale Methoden" mit einem von der abliegenden Gesichtsseite eintretenden Zentralstrahl, die Schädelbasis von vorne unten her zu umgehen. (HAENISCH 39, ALTSCHUL 2, ALGYOGYI 1, PORDES 83, ZANELLI 118, HERMANN 45).

So gibt STEINHARDT (109) beispielsweise eine Methode an, bei der der Zentralstrahl von einem Punkt 3 cm vor und 3 cm unterhalb des Tuberculum artikulare aus, den Gelenkkopf der Gegenseite von vorne unten trifft. Diese Aufnahme kann bei geöffnetem oder geschlossenem Mund durchgeführt werden und stellt die Oberflächenkontur des Gelenkkopfes besonders klar und verzeichnungsfrei dar, so daß bei Erkrankungen im Sinne einer Arthropathia deformans eine gute Beurteilbarkeit besteht (SETZ 101). Eine Gelenkspaltbeurteilung kann jedoch nicht durchgeführt werden, da keine korrespondierenden Bezirke von Gelenkkopf und Gelenkgrube zur Abbildung kommen (CLEMENTSCHITSCH 14).

Ähnlich wie STEINHARDT benutzt auch PARMA (81) die Nahaufnahmetechnik um das darzustellende filmnahe Capitulum mandibulae von störenden Abbildungen des Gesichtsskeletts freizuprojizieren. Dabei wird das filmnahe Gelenk in nahezu naturgetreuer Größe (ZIMMER 121) und gut konturiert dargestellt, während das focusnahe Gelenk stark vergrößert und konturunscharf zur Abbildung kommt.

Als Nachteil gegenüber der STEINHARDT'SCHEN Aufnahme muß die Notwendigkeit der maximalen Mundöffnung angesehen werden, was eine Beurteilung der Kondylus Fossa artikularis -

Beziehung natürlich unmöglich macht. Vorteilhaft ist jedoch die sehr gute Darstellung des Gelenkköpfchens hinsichtlich struktureller Details.

2.1.2. Subcranielle Aufnahmetechnik

Eine grundsätzlich andere Methode ist die subcranielle Aufnahmetechnik, die das Röntgenbild von störenden Überlagerungen, der stark schattengebenden Strukturen der Schädelbasis auf zwei Wegen, befreit. Zum einen wird durch die maximale Mundöffnung und das damit verbundene Aufsitzen des Kondylus auf dem Tuberculum artikulare eine röntgentopographisch günstigere Situation geschaffen; zum anderen versucht man die Gelenke in strahlendurchlässige Strukturen wie Antrum und Orbitae zu projizieren. Die grundlegende Idee ist, mit der bildgebenden Strahlung die Schädelbasis cranial und die Wirbelsäule median zu meiden. Unter den subcraniellen Aufnahmen faßt man die Verfahren nach ZANELLI (118), ZIMMER (120), CLEMENTSCHITSCH (12), HOFRATH (48), GRANT und LANTING (37), BARTON (3) und TVEITO (112) zusammen.

Besonders erwähnen muß man die Aufnahmetechnik nach CLEMENTSCHITSCH (12), bei der beide Kiefergelenkköpfchen, auf den Tubercula artikulares sitzend, und beide Collumregionen in ihrer gesamten Ausdehnung dargestellt und auf Konturunterbrechungen beurteilbar werden. Diese Aufnahmetechnik hat auch für die Positionsdiagnostik eine gewisse Bedeutung, da sie zur Festlegung der lateralen Kondylenachsen in der Frontalebene benutzt werden kann, um cranial - excentrische Einstellwinkel für individuelle schräglaterale Röntgenaufnahmen zu erhalten (SIEBERT 104).

2.1.3. Panoramaschichtaufnahmen

Das Prinzip der Panorama-Schichtaufnahmeverfahren (Pantomographie) wurde von PAATERO (79) entwickelt. Die Strahlenquelle und die Filmkassette bewegen sich bei dieser Aufnahmetechnik um den Kopf des Patienten und werden dabei so um zwei, beziehungsweise drei Achsen (Orthopantomograph 3,5 und 10) geschwenkt, daß eine jeweils orthoradiale Gesamtdarstellung des Ober- und Unterkiefers einschließlich der Kiefergelenke in einer Aufnahme bei relativ geringer Strahlenbelastung entsteht. Bildlich dargestellt wird die Summation der durchstrahlten Strukturen in einer Schichtdicke von ca. 10 mm im Frontzahnbereich und 20 mm in der Seitenzahn- und Kiefergelenksregion.

Die heute im Routinebetrieb von Polikliniken und zahnärztlichen Praxen häufig hergestellten Aufnahmen haben meistens nur geringen Aussagewert für die Befunderhebung der Kiefergelenke. SIEBERT (105) hält jedoch gewisse Aussagen für möglich:

1. Morphologie des Kondylus
2. Frakturen
3. pathologische Veränderungen der knöchernen Gewebe.

Bezüglich der Traumatologie stimmt EWERS (23) der obengenannten Meinung zu und sagt weitergehend wie FREITAG (29) aus, daß das Orthopantomogramm zur Groborientierung der Kiefergelenkposition in der habituellen Interkuspidation benutzt werden kann.

ROTTKE und FUHRMANN (93) beschrieben Darstellungen der Kiefergelenksregion einschließlich des Gelenkspaltes mit dem Panoramaschichtgerät "Zonarc" sowohl in der Sagittal- als auch in der Frontalebene. Sie stellten fest, daß bei der Abbildung in der Frontalebene der Gelenkspalt über dem höchst-

gelegenen Punkt des Kondylus dargestellt wird. Weitere Untersuchungen mit diesem Gerät liegen noch nicht vor.

2.2. Positionsdiagnostisch bedeutsame Methoden der röntgenologischen Kiefergelenksdarstellung

Zur Beurteilung der Kondylenposition in ventro-dorsaler und cranio-caudaler Richtung eignen sich für die tägliche Praxis nur transcranielle Aufnahmeverfahren mit unterschiedlichen cranialen und dorsalen Einstellwinkeln. Die besondere Lage der Kiefergelenke in der mittleren Schädelgrube läßt keine Technik zu, bei der beide Kiefergelenke mit einer Aufnahme in den genannten Beziehungen beurteilbar wären.

Eine transversale Kondylenverlagerung läßt sich heute durch die Computertomographie nachweisen. Darstellen kann man die transversale Komponente auch mit Hilfe einer in der Horizontalebene durchgeführten Röntgentechnik, anhand der Submento - vertikalen - Röntgenaufnahme und Einzelschichtaufnahmen. Eine eindeutige Bewertung ist damit jedoch nicht möglich.

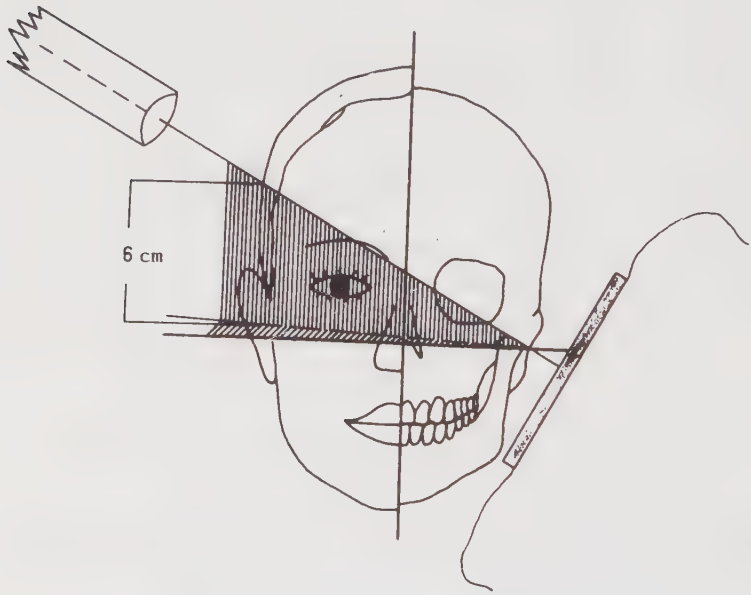
2.2.1. Schräglaterale Kiefergelenksröntgenaufnahmen

Als Basis der für die Positionsdiagnostik relevanten konventionellen Aufnahmetechniken gilt die von dem Oto-Rhino-Laryngologen SCHÜLLER (97) propagierte

FELSENBEINAUFNAHME.

Er legt den Kopf des Patienten auf eine geneigte Stützplatte, die gleichzeitig als Halterung für die Filmkassette dient. Von einem Punkt, der 6 cm über dem Gehörgang der filmfernen Gesichtsseite liegt, trifft der Zentralstrahl den filmnahen Gelenkkopf. Diese Einstellung entspricht einer Projektionsrichtung 28 - 30° von cranial zur Camperschen Ebene

und 0 - 3° von dorsal* zur Frontalebene. Dabei soll der Mund geschlossen und die Zahnreihen in maximaler Interkuspidation fixiert sein. Da diese Felsenbeinaufnahmen nach SCHÜLLER sehr oft von Hals - Nase - Ohren - Ärzten angefordert werden, kann sie fast jeder Röntgenologe anfertigen und auch nahezu identisch wiederholen. Bei allen anderen für die Kondylenposition relevanten Aufnahmetechniken ist die röntgenologische Praxis überfordert, da für diese Techniken spezielle Einstellhilfen notwendig sind.

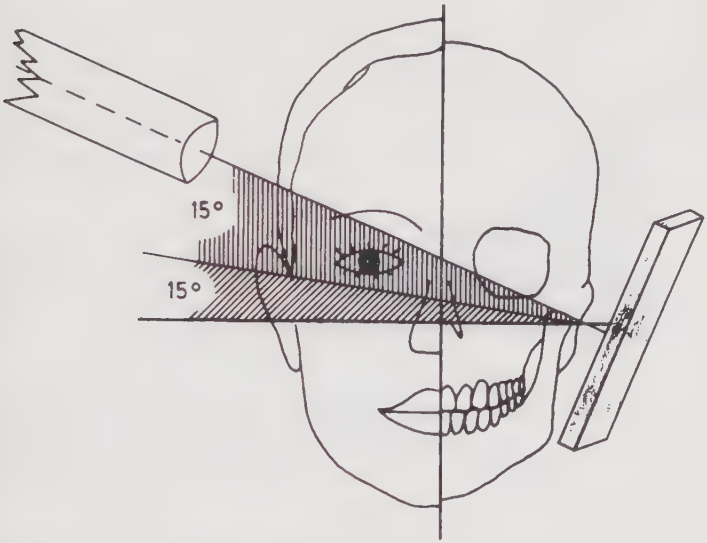


SCHÜLLER

Abb. 3: Schematische Darstellung der Richtung des Zentralstrahls bei der Felsenbeinaufnahme nach SCHÜLLER

* Anmerkung zur Strahlenrichtung
Siehe Anhang Seite 106

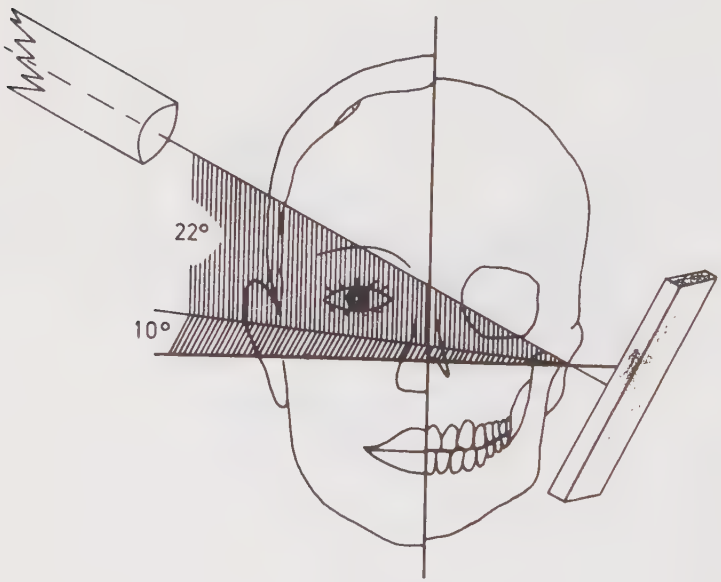
GEERING (32) stellte jedoch fest, daß der Aussagewert der SCHÜLLER - Aufnahmen in Bezug auf die Stellungsdiagnostik des Gelenkköpfchens fragwürdig ist, da die Gelenkwalzen nicht genügend freiprojiziert waren. Durch individuelle Einstellung des Zentralstrahls, ermittelt mit dem elektronischen Röntgenbildverstärker Phillips BV 20, konnte die Interpretierbarkeit aller Kiefergelenksaufnahmen auf fast 90% gesteigert werden. Die gefundenen Mittelwerte ergaben eine 12° dorso-ventrale und 18° cranio-caudale Einstellrichtung.



LINDBLOM

Abb. 4: Schematische Darstellung der Kiefergelenksröntgentechnik nach LINDBLOM

Diesen Werten trug LINDBLOM (69) nach Untersuchungen am mazerierten Schädel schon 1960 annähernd Rechnung, als er für Serienuntersuchungen einen cranialen* Einstellwinkel von 15° zur Camperschen Ebene und eine dorsale* Einstellung von 15° zur Frontalebene empfiehlt. So umgeht er die Verprojektion des oberen Gelenkspaltes in der zu steilen Einstellung der SCHÜLLER - Technik, produziert aber selbst auch einen systematischen Fehler in Form der doch etwas zu



EGLI

Abb. 5: Schematische Darstellung der Kiefergelenks-Röntgentechnik nach EGLI

flachen Projektion des lateralen Kondylenpols. Dadurch kommt es zu einer Verengung des Gelenkspaltes durch Überprojektion der lateralen Bezirke der Fossa artikularis.

Allgemein zeigen flache Projektionen, wie die nach LINDBLOM, das Gelenkköpfchen mehr im Profil und bieten zudem einen guten Einblick in die Gelenkpfanne, haben jedoch als großen Nachteil gegenüber steileren Projektionen eine verstärkte Überlagerung des Pyramidenschattens über die Gelenkstrukturen.

Aus diesen Gründen gibt EGLI (21) eine modifizierte LINDBLOM - Einstellung mit 22° cranialer* und 10° dorsaler* Richtung des Zentralstrahles an.

Die große Unsicherheit der Verfahren mit festen Winkeleinstellungen spiegelt sich in der extrem großen Anzahl, der in der Literatur angegebenen Methoden, wieder.

So geben GRANT und LANTING (37) einen Cranialwinkel* von 10-15° und einen Dorsalwinkel* von 15° an, DOUB und HENNY (17) beschreiben ein Verfahren mit 23° cranial* und 15° dorsal*.

Die Angaben von WEINBERG (115) entsprechen Einstellwinkeln von 25° cranial* und 5° dorsal* bezogen auf die Campersche Ebene. Auf die gleiche Ebene bezogen finden wir bei GRAF (35) Winkel von 15° cranial* und 15° dorsal*.

Speziell für Kinder empfiehlt HAUSSER (42) Einstellwinkel von 23° cranial* und 15° dorsal*; bei BEÄN (4) beträgt der craniale* Winkel 25°.

Auch BISHOP (6), HIGHLEY (47), SCHLEGEL (95), CRADDOCK (15), UPDEGRAVE (113) und SHORE (103) beschreiben Verfahren für Kiefergelenksaufnahmen im transcraniellen Strahlengang mit unterschiedlichen cranialen und dorsalen Winkelwerten und variierender Lagerung des Patienten.

Die Variabilität der Ergebnisse aufgrund verschiedener Einstellwinkel bestätigen auch die Arbeiten von FLEIG (25), GRAF (36), HORN (49), OTT (78), KUNDERT (66), PALLA (80) und SITZMANN und WINKELMAIR (106).

Bezüglich der Kopfhaltung des Patienten bei schräglateralen Kiefergelenksröntgenbildern am sitzenden Patienten werden ebenfalls verschiedene Möglichkeiten und Ansichten beschrieben.

1. Orientierung der Frankfurter Horizontalen raumhorizontal.
   Eine Einstellungsanordnung in dieser Ebene bevorzugen HIGHLEY (46), GREWCOCK (38), DONOVAN (16) und BEÄN (4). Ebenso orientiert auch HANEL (40, 41) seinen Einstellbogen und damit die Röntgenröhre bezüglich der Frankfurter Horizontalen.

2. Einnehmen einer ungezwungenen, individuellen Kopfhaltung des Patienten, wie dies MOORREES (73) für cephalometrische Röntgenuntersuchungen forderte.

   Untersuchungen von DOWNS (18, 19) sowie MOORREES und KEAN (74) zeigten, daß es nur geringfügige Unterschiede zwischen der ungezwungenen, natürlichen Kopfhaltung und der Frankfurter Horizontalen gibt. BJERIN (7) fand ebenso nur geringe Unterschiede, die im Sitzen nicht größer seien als am stehenden Patienten.

3. Orientierung der Camperschen Ebene raumhorizontal.

   Diese Schädelposition wird von LINDBLOM (68), HAUSSER (42), FRÖHLICH (30) und EGLI (22) bevorzugt. Auch WEINBERG (115) und GRAF (35) geben die Camperssche Ebene als Bezugsebene an.

   STACHNISS (108) weist besonders auf die Möglichkeiten der Bildbeeinflussung durch den Nasalwinkel hin. Er stellte fest, daß die Projektion des Felsenbeins

über Fossa glenoidalis und Kondylus in direkter Relation zum Nasalwinkel steht.

Das bedeutet: Eine Orientierung der Camperschen Ebene raumhorizontal beziehungsweise eine weitere Anhebung der Nase ergibt mit höherer Wahrscheinlichkeit freiprojizierte Gelenkspalten und damit besser zu beurteilende Kiefergelenksröntgenbilder.

Zur Orientierung des Patientenkopfes bezüglich der Röntgenröhre sind der Kiefergelenksröntgenbogen TMX-I oder TMX-II nach GRAF (35) sowie der Kiefergelenksröntgenbogen nach HANEL (40, 41) geeignet und für die Praxis empfehlenswert.

Doch alle diese Methoden sind mit dem Nachteil behaftet, daß sie von festen Winkeleinstellungen des Röntgenzentralstrahles ausgehen und zu wenig die individuellen Schwankungen der Winkel der Köpfchenachsen zwischen rechts und links beziehungsweise von Patient zu Patient berücksichtigen (OTT 78).

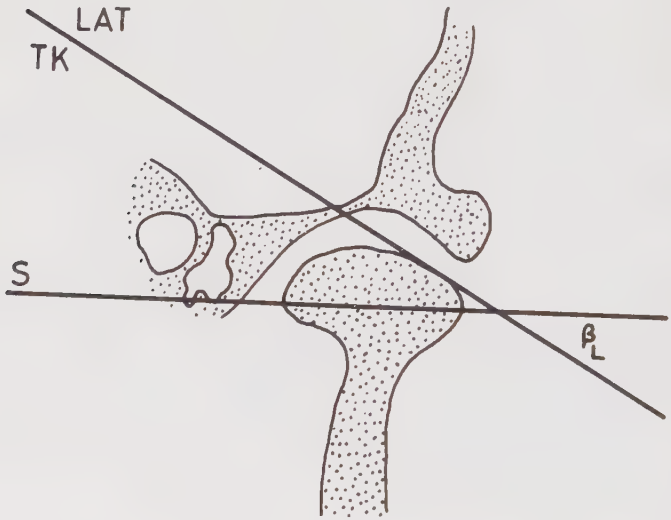
Diese individuellen Schwankungen können alleine zwischen rechts und links über 30° und von Patient zu Patient bis zu 57° ausmachen (KRENKEL 60). Deshalb erscheint es einleuchtend, von festen Einstellwinkeln abzugehen und den Zentralstrahl der Röntgenröhre entsprechend der Kondylenachse auszurichten.

2.2.2. Kombinationsmethoden röntgenologischer Kiefergelenksdarstellung in mehreren Raumebenen

Diese Kombinationsmethoden haben zum Ziel, eine exakte Ausrichtung des Zentralstrahls entsprechend der Kondylenachse bei der schräglateralen röntgenologischen Kiefergelenksdarstellung zu erreichen. Deshalb müssen der schräglateralen Aufnahme, Aufnahmen in anderen - möglichst senkrecht zueinander

stehenden - Raumebenen vorangestellt werden.

Zur Festlegung des individuellen cranial - excentrischen Einstellwinkels eignen sich die Techniken von ZIMMER (121), TVEITO (112), HOFRATH (48) und CLEMENTSCHITSCH (12). Mit diesen Techniken läßt sich die Neigung des lateralen Kondylenanteils bezüglich der Horizontalebene auf die Frontalebene projizieren. (Siehe Abb.: 6).



FRONTALSCHNITT

Abb. 6: Schematische Darstellung eines linken Kiefergelenks, auf die Frontalebene projiziert. Dadurch wird der cranial-excentrische Einstellwinkel β_1 bestimmbar.
Tk^{LAT} = Tangente an die latero-craniale Kondylarfläche
S = Scharnierachse

Zur Bestimmung des dorsal - excentrischen Einstellwinkels ist eine Projektion der Kondylen auf die Horizontalebene im axialen Strahlengang notwendig. Bei der submento - vertikalen Schädelaufnahme (Synonyma: Schädel axial, Schädelbasisaufnahme, Hirtz-Aufnahme) wird der Zentralstrahl durch den Porus acusticus externus senkrecht auf die Frankfurter Horizontale gerichtet (LOEPP und LORENZ 70, WILLIAMSON und WILSON 117).

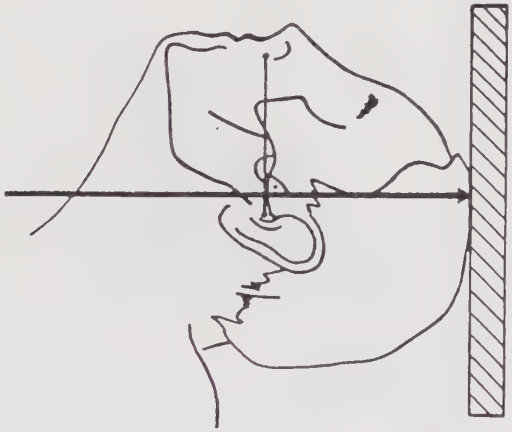


Abb. 7: Schematische Darstellung des Strahlengangs bei der submento - vertikalen Schädelbasisaufnahme = Mod. Runström - IV Röntgenaufnahme (aus KRENKEL 60)

Der Nachteil dieser Einstelltechnik ist, daß bei stumpfem Kieferwinkel die Gelenkregion von den kompakten Anteilen des aufsteigenden Unterkieferastes überschattet werden kann. Noch gravierender wirkt sich dies bei der submento - vertikalen

Aufnahmetechnik nach CLEMENTSCHITSCH (14) aus, die SIEBERT und LANG (104) als Basis für die individuelle Einstellung ihrer schräglateralen Kiefergelenksröntgenaufnahmen benutzen. CLEMENTSCHITSCH läßt den Zentralstrahl nämlich genau median in einer frontalen Ebene verlaufen, die auf den beidseitigen Verbindungslinien zwischen lateralem Augenwinkel und Tragus senkrecht steht und diese halbiert. Er gibt als Variante jedoch eine Einstellung senkrecht zur Frankfurter Horizontale an, in der das Kiefergelenk besser beurteilt werden kann.

Mit der modifizierten Runström - IV Röntgenaufnahme, die den Zentralstrahl senkrecht zur Camperschen Ebene ausrichtet, gehen KULMER (65) und KRENKEL (60) der Überlagerung des Kondylus durch den Kieferwinkel und den aufsteigenden Ast aus dem Weg. KRENKEL hält es für wichtig, daß der Röntgenzentralstrahl auf die Gelenkköpfchen in einem spitzen Winkel von mindestens 10^{o} - 20^{o} zum dorsalen Unterkieferrand gerichtet ist.

Beide benutzen nur die Runström - IV Röntgenaufnahmen als zusätzliche Orientierungshilfen und konstruieren anhand einer Durchzeichnung auf Transparentfolie den kondylusspezifischen dorsal - excentrischen Einstellwinkel und den entsprechenden Zielpunkt des Zentralstrahles für die schräglaterale Aufnahme. Sie kamen zu dem Ergebnis, daß durch diese Methode Kiefergelenksbilder interpretierbarer und auch nach längerer Zeit noch reproduzierbar sind.

SIEBERT und LANG (104) stellten anhand einer Studie an 10 Probanden fest, daß mit individueller dorsal-excentrischer und cranial-excentrischer Einstellung des Zentralstrahles bei schräglateralen Röntgenaufnahmen die Längsachse des Kondylus getroffen und damit die Lagebeziehung des Kondylus zur Fossa glenoidalis dargestellt werden kann. Doch auch bei

diesem Verfahren ist eine in allen Einzelheiten vorhandene Identität zweier Aufnahmen, obwohl reproduzierbar, nicht gegeben, so daß eine Übereinstimmung im Bereich von 1/10 bis 5/10 mm als deckungsgleich eingestuft werden muß.

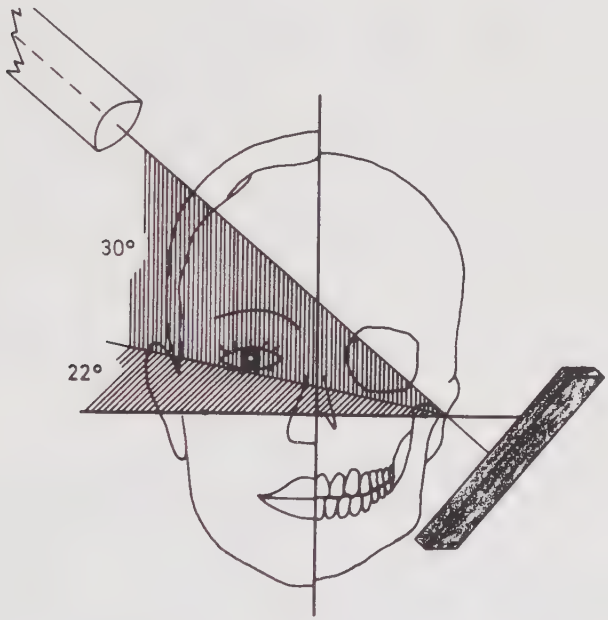


Abb.8: Schematische Darstellung der individuell eingestellten schräglateralen Kiefergelenksröntgenaufnahme mit den aus den Projektionen auf die Frontal- und Horizontalebene ermittelten Winkeln

OMNELL und PETERSON (77) halten jedoch auch die Kombinationsmethoden zur Herstellung individuell eingestellter Kiefergelenksröntgenbilder zur Beurteilung der Kondylus-Fossa artikularis-

Beziehung für ungeeignet und fordern mit RICKETTS (90) und TVEITO (111) seitliche Tomogramme für die Positionsdiagnostik.

2.2.3. Tomographien

Bei Schichtaufnahmen werden röntgenopake Strukturen einer Körperebene überlagerungsfrei in einer Schicht bestimmter Dicke dargestellt. Das Prinzip dieser Aufnahmetechnik wird in den Patentschriften von BOCAGE (9) und PORTES (84) erstmals beschrieben.

Für den Anwendungsbereich des Kiefergelenks finden sich bei BLEIKER (8), PETRILLI (82) sowie MATHIS und HAMMER (72) Beschreibungen von Tomographieverfahren mit linearer Verwischung. Einstelltechniken im lateralen (sagittalen), frontalen und axialen Strahlengang können bei CLEMENTSCHITSCH (14) und RIESNER (92) nachgelesen werden.

Während CLEMENTSCHITSCH (14) der Verwischungsrichtung noch keine allzugroße Bedeutung beimaß, stellten SETZ und SCHOLZ (102) fest, daß seitliche Schichtaufnahmen in linearer Verwischung bei weitem die schlechtesten Resultate zeitigten, da nämlich die Form der Gelenkflächen nur mangelhaft zur Darstellung gelangt. LINDBLOM (69) hält deshalb die Zeichenschärfe von Schichtaufnahmen für nicht ausreichend, um genaue Messungen durchzuführen. Mehrdimensionale Verwischungen ergeben jedoch Bilder, die den wirklichen Verhältnissen sehr nahe kommen, und die korrespondierende Teile von Kondylus und Fossa artikularis unverzeichnet wiedergeben (SETZ und SCHOLZ 102, GÄRTNER 31, FAIVOVICH und OMNELL 24, ROZENCZWEIG und MARTIN 94).

Trotzdem warnt ECKERDAL (20) vor einer Überschätzung der Tomographie und weist auf "apparatebedingte" und "objekt-

bedingte" Schichtabweichungen hin, die eine unregelmäßige nicht plane resultierende Schicht bewirken. Auf den Bildern drückt sich das in veränderten Relationen der durchstrahlten Gewebe aus.

Eine verminderte Detailerkennbarkeit bei der Darstellung dünner Knochenstrukturen wie Orbitaboden oder Dach der Fossa artikularis (RIESNER 92, ECKERDAL 20) mahnt bei der Beurteilung von Gelenkspaltbreite beziehungsweise der Kondylus-Fossa-Beziehung zur Vorsicht.

Aufgrund der äußerst unsicheren Reproduzierbarkeit der einzelnen Schichten hält BUSSARD et al. (10) die Tomographie für die funktionelle Diagnostik sogar nur für bedingt tauglich.

Als eine bei weitem detailiertere und tauglichere Methode der röntgenologischen Bildgebung, auch für die Darstellung der Kiefergelenke, gilt die

2.2.4. Computertomographie (CT - Scan)

In der Beurteilung pathologischer Veränderungen des Gesichtsschädels ist durch die Einführung der Computertomographie eine "neue diagnostische Dimension" entstanden (GRABBE et al. 34).

Eine umfangreiche Literaturübersicht über die Entwicklung der Computertomographie beziehungsweise ihre Anwendung, speziell für den Bereich des Gesichtsschädels ist bei HÜLS (50) nachzulesen. Bei ihm finden wir auch erstmals gute Darstellungen der Kondylus-Fossa glenoidalis-Bereiche.

Mit der Reduktion der Schichtdicken von anfänglich 13 mm auf nunmehr 1 mm, der Entwicklung spezieller Rekonstruk-

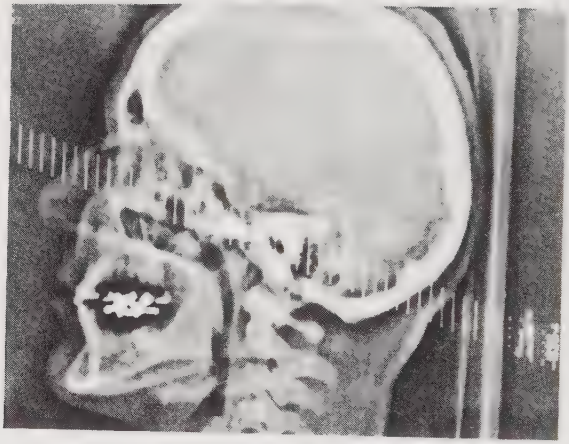


Abb. 9: Übersichtstopogramm mit eingeblendeter Schichtführung

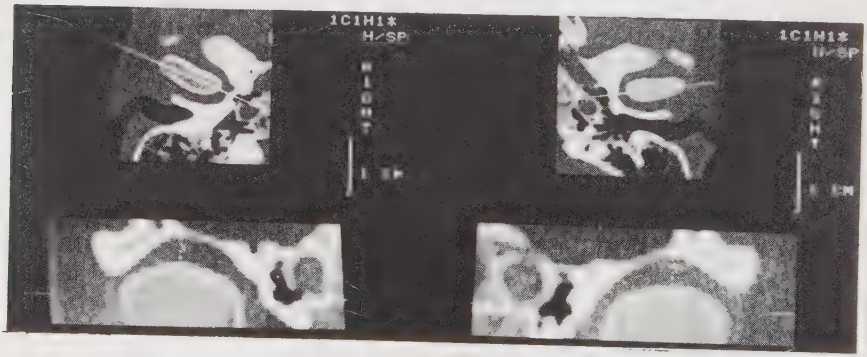


Abb. 10: Computertomogramme

Oben : Horizontalschnitt durch beide Kiefergelenke
Unten: Rekonstruktionen entsprechend der Kondylenachsen

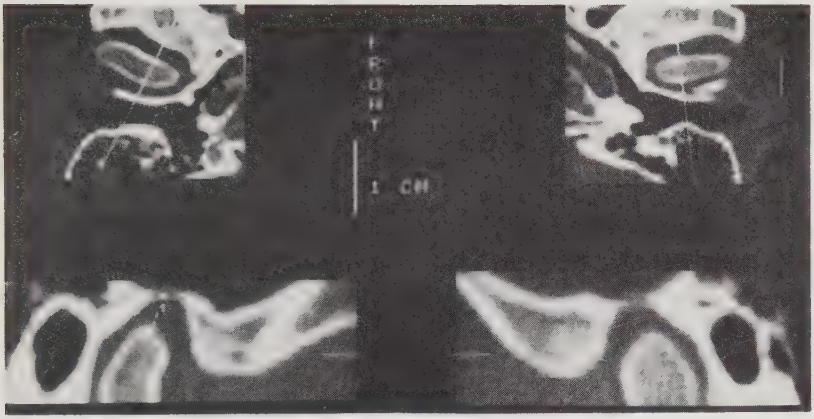


Abb. 11: Computertomogramme
Oben : Horizontalschnitt durch beide Kiefergelenke
Unten: Sagittale Rekonstruktionen bei beidseitig dorso - caudaler Kondylenlage

tionsprogramme zur Hochkontrastauflösung des Knochens (JEND-ROSSMANN 56, HÜLS et al. 51, 52) und der Einführung der sogenannten High-Lighting-Technik (HELMS et al. 43, 44) sind mit der computertomographischen Kiefergelenksdiagnostik allein anhand der Bilder folgende Aussagen möglich:

1. Morphologie und Struktur der knöchernen Gelenkanteile.

2. Lagebeziehung der Kondylen zur jeweiligen Fossa artikularis in allen Raumebenen (im direkten Seitenvergleich beurteilbar)

3. Beurteilung der Gelenkspaltweiten.

4. Gestalt (wahrscheinliche) und Lage des Discus artikularis.

(HÜLS 50, HÜLS et al. 51, 53, 54; HELMS et al. 43, 44; JEND-ROSSMANN 56; CHRISTIANSON 11)

Detailierte Darstellungen des Discus artikularis, die Rückschlüsse auf dessen exakte Gestalt oder Position zulassen, sind noch nicht möglich.

Die High-Lighting-Technik (HELMS et al. 43, 44) wie auch insbesondere die direkt-sagittale Schichtung, bei der unter günstigen Voraussetzungen und Verwendung eines entsprechenden Weichteilfensters direkte Discusabbildungen möglich sind (HÜLS et al. 55), lassen Verdachtsdiagnosen über die Discusposition zu.

Eine "Neue Dimension" der Discusdarstellung ist von der Kernspintomographie zu erwarten.

Aufgrund der - wie obengenannt - schon alleine durch Computertomogramme machbaren Aussagen und der Kombinierbarkeit mit elektronischen Registriergeräten, wie dem von LUCKENBACH (71) entwickelten **ECRS** (Elektronisches computergestütztes Registriersystem), das jeden beliebigen Punkt des Unterkiefers einschließlich der Kondylen, aufzuzeichnen vermag (KÖRBER und LUCKENBACH 59, FREESMEYER und LUCKENBACH 28), ist die Computertomographie für die Weiterentwicklung der Funktionsdiagnostik von höchstem Wert.

Das Verfahren ist aber ebenso wie die konventionelle Tomo-

graphie mit einem ungeheueren apparativen und finanziellen Aufwand verbunden, so daß diese Untersuchungstechniken wohl noch einige Zeit den Großkliniken vorbehalten bleiben werden. Der Praktiker wird sich weiterhin am schräglateralen Röntgenbild oder mit Hilfe der Kombinationsmethoden orientieren müssen.

3. Fragestellung

An Studenten der Zahnheilkunde in Tübingen wurden in einer vorausgegangenen Untersuchung (FREESMEYER 27) Unterschiede der Kondylenlage zwischen retraler Kontaktposition (RKP) und habitueller Interkuspidation (IKP) anhand des Temporo-Mandibularen-Relations-Systems (TMR) (SCHÖTT 90) in allen 3 Raumebenen ermittelt.
Mit der jetzt durchgeführten Studie sollen folgende Fragen näher beleuchtet werden:

1. Läßt sich der Durchschnittswert, der in der axialen Schädelaufnahme gefundenen horizontalen Kondylenwinkel, mit den in der Literatur angegebenen Werten, bzw. mit dem von HÜLS (50) im Transversal-CT ermittelten Wert vergleichen?

2. Um welchen Faktor sind die Kiefergelenksstrukturen im Röntgenbild bei der nachfolgend beschriebenen Methode größer als die Originalstrukturen?

3. Inwieweit ist die Patientenlagerung bei der hier angewandten Technik der schräglateralen Röntgenbilder reproduzierbar?

4. Sieht man eine checkbißbedingte Mundöffnung als Rotation des Gelenkkopfes im Röntgenbild?

5. a) Ist die im TMR-System gefundene RKP-IKP-Differenz der Kondylen auch im individuellen schräglateralen Kiefergelenksröntgenbild nachzuweisen?

   b) Sind diesbezüglich metrische Aussagen zu machen?

4. Eigene Untersuchungen

4.1. Voruntersuchung am mazerierten Schädel

Um die Aussagekraft von schräglateralen Kiefergelenksröntgenbildern mit individuell eingestelltem dorsal-excentrischem Projektionswinkel besser bewerten zu können, wurden der Hauptuntersuchung Vorversuche am mazerierten Schädel vorangestellt.

Hierdurch sollte geklärt werden,
wie ändert sich mit dem zunehmenden dorsal - excentrischen Einstellwinkel:

1. Die Breite des Kondylus im cranialen Anteil,
2. die Kondylus - Fossa artikularis - Beziehung und
3. lassen sich diese Veränderungen metrisch erfassen.

4.1.1. Bestimmung des horizontalen Kondylenwinkels

Hierzu eignet sich am besten die axiale Schädelröntgenaufnahme.

Material und Methode

Röntgengerät:	Siemens Orbix Schädelröntgengerät
Röntgenfilm:	Du Pont Cronex 4
Format:	18 x 24 cm
Verstärkerfolien:	Siemens - Titan 2 D
Abbildungsparameter:	Fokus-Film-Abstand 97 cm
	Fokus-Gelenk-Abstand ca.85 cm
Röntgenentwicklung:	Maschinell mit Du Pont Cronex T 6
Belichtungseinstellung:	50 KV 32 mA 0,12 sec
Schwärzung:	- 2

Der mazerierte Schädel wurde unter Verwendung einer Schaumstoffhohlform direkt auf der Kassettenhalterung des Orbix gelagert. Dabei war es wichtig, den Röntgenzentralstrahl, der mit Hilfe eines Lichtkreuzes orientiert werden konnte, genau auf das Kiefergelenk zu richten, so daß er auf der Frankfurter Horizontalen senkrecht stand. Die Position des Unterkiefers und damit des Kiefergelenkköpfchens wurde durch Verschlüsselung der Okklusion mit einem hartplastischen Abdruckmaterial und Gummibändern fixiert.
Der Kondylus befand sich in "Normallage".

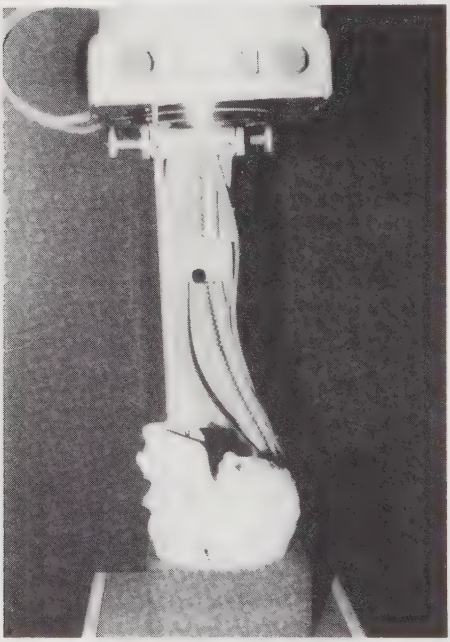


Abb. 12:
Mazerierter Schädel im Orbix Schädelröntgengerät (Siemens) zur Darstellung der Kondylen und Bestimmung der horizontalen Kondylenwinkel

Zur Bestimmung der horizontalen Kondylenwinkel wurden die lateralen und medialen Kondylenpole markiert. Die Linie

zwischen dem lateralen Kondylenpol des rechten und des linken Kiefergelenks soll hier als "interkondyläre Verbindungslinie" (ICV) bezeichnet werden.
Die "interkondyläre Verbindungslinie" schließt mit der Verbindung zwischen medialem und lateralem Kondylenpol eines Gelenks - der Kondylenachse - den horizontalen Kondylenwinkel (HCW) ein.

Ergebnis

Die Messung an dem untersuchten Schädel ergab für das linke Kiefergelenk einen "HCW_l" von 26° und für das rechte Kiefergelenk einen "HCW_r" von 25°.

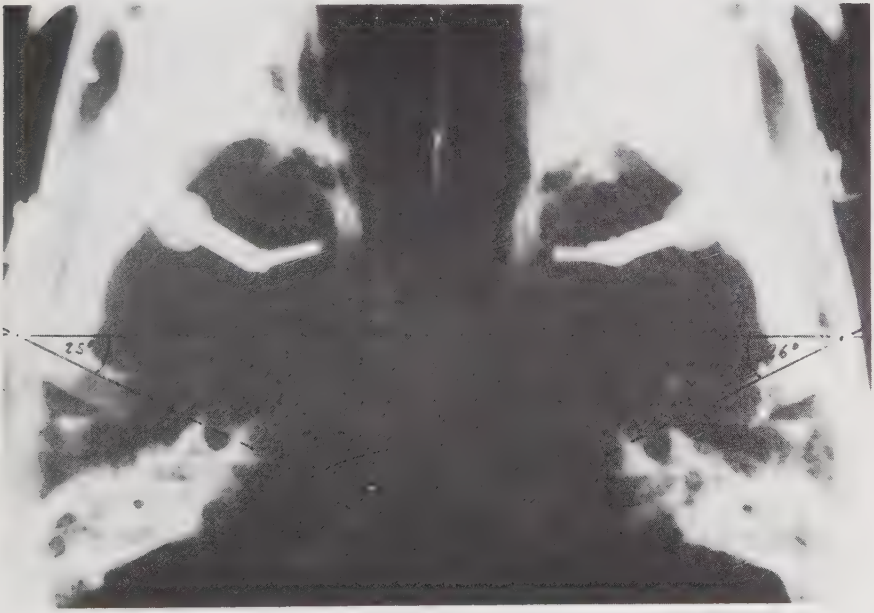


Abb. 13: Axiale Schädelaufnahme:
Eingezeichnet sind die interkondyläre Verbindungslinie, die Kondylenachsen sowie die horizontalen Kondylenwinkel

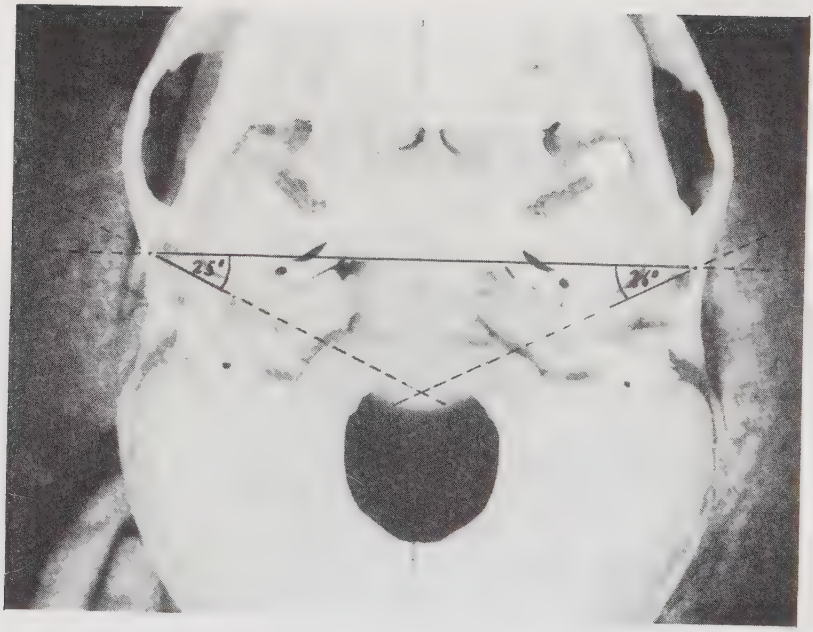


Abb. 14: Zweitbestimmung der horizontalen Kondylenwinkel. Anhand eines Kontaktabzuges kann Übereinstimmung festgestellt werden

4.1.2. Röntgendarstellung eines Kiefergelenks in "Normallage" und "Retrocaudallage" unter verschiedenen dorsal-excentrischen Einstellwinkeln (Untersuchung am mazerierten Schädel)

Material und Methode

Röntgengerät:	Ritter Explorer
Röntgenfilm:	Du Pont Cronex 4
Format:	9 x 12 cm
Verstärkerfolien:	Siemens Rubin
Einstellbogen:	TMX-Bogen nach GRAF*) mit zusätzlichen Einstellhilfen (2 Klappvisiere und eine Zentrierstift-Konstruktion nach SCHULTE)
Abbildungsparameter:	Fokus-Film-Abstand 40 cm Fokus-Gelenk-Abstand ca. 37 cm
Röntgenentwicklung:	Maschinell mit Du Pont Cronex T 6
Belichtungseinstellung:	65 KV 15 mA 1/15 sec

Der vollbezahnte mazerierte Schädel aus obiger Untersuchung wurde durch das Foramen magnum mit Hilfe einer im Schädel angebrachten Sperrholzplatte und eines Gewindebolzens auf den Kugelkopf eines Fotostatives aufgeschraubt. Somit konnte man die Frankfurter Horizontale raumhorizontal einstellen und den Schädel in dieser Position sicher fixieren. Im TMX-Bogen nach GRAF wurde ein cranial-excentrischer Winkel von 22° eingestellt und der Bogen wie folgt orientiert:
Beide Wasserwaagen auf dem Kopfteller mußten sich in Horizontalstellung befinden, beide Infraorbitalpunkte wurden parallel zu den Hilfsmarkierungen des anterioren Klappvisiers, und der Zentrierstift genau auf den lateralen Kondylenpol des zu untersuchenden Kiefergelenks ausgerichtet.

*) TMX-Bogen nach GRAF: Hersteller: Andre Vaudaux AG, Röntgentechnik, Bachlettenstraße 8, CH-4054 Basel

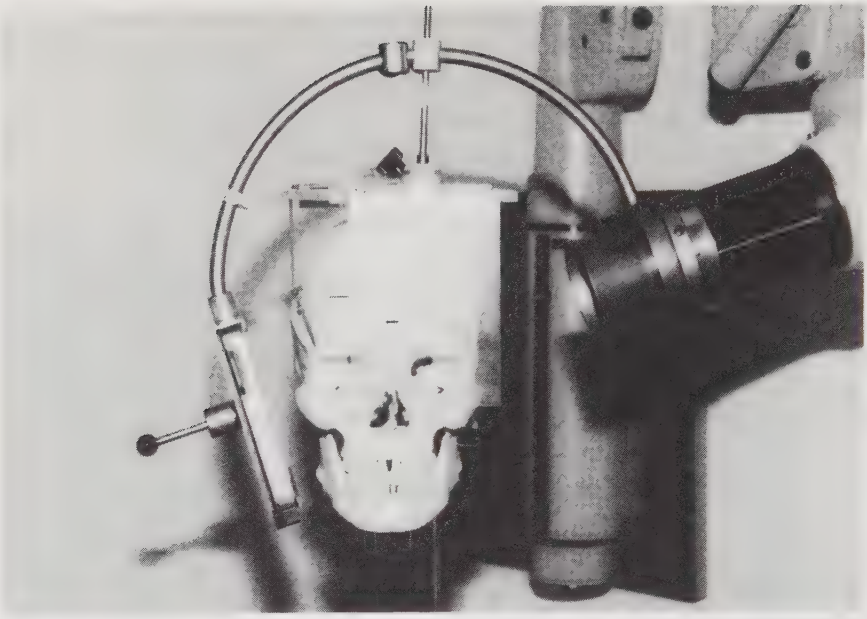


Abb. 15: Auf Fotostativ montierter Schädel mit angelegtem Einstellbogen nach GRAF. Zusätzlich sind zwei Klappvisiere und ein Zentrierstift (Konstruktionen nach SCHULTE) angebracht.
Die Frankfurter Horizontale ist raumhorizontal orientiert.

Für die Positionierung des zu untersuchenden Kiefergelenks wurden zwei Einbisse aus einem hartplastischen Abdruckmaterial einmal in "Normallage" (derjenige aus Kapitel 4.1.1.) und in "Retrocaudallage" verwendet.

Die "Retrocaudallage" befand sich 1,1 mm retral und 1,1 mm caudal der "Normallage".

Die Bestimmung dieser Lageveränderung wurde direkt am Kiefergelenk vorgenommen, indem man in "Normallage" zwei Linien einzeichnete, die sich auf dem Kondylus schnitten. Die eine

führte parallel zur Frankfurter Horizontalen vom Jochbogen zum Felsenbein, die andere stand senkrecht dazu und zog sich über die Schläfenbeinschuppe nach caudal.

Nun klebte man entsprechend der eingezeichneten Linien Millimeter-Papier an die Schläfenbeinschuppe und markierte den Schnittpunkt der Linien. Nach Umpositionierung des Unterkiefers mit dem zweiten Einbiß in die "Retrocaudallage" markierte man den Schnittpunkt nochmals. Fünfmaliges Einzeichnen und Auswerten mit einem Nonius ergab identische Werte.

Die schräglateralen Röntgenbilder wurden nun mit verschiedenen dorsal-excentrischen Einstellwinkeln ausgeführt. Ausgehend von der Kondylenachse, die einem Einstellwinkel von 26° dorso-ventral entsprach, entschieden wir uns für 6 zusätzliche Einstellungen mit jeweils 3 in 2° - Schritten aufsteigenden und absteigenden Werten, die von 26° ausgingen. Dazu wurden noch die Standardeinstellungen von LINDBLOM mit 15° und EGLI mit 10° dorsalen* Projektionswinkeln in die Untersuchung mit einbezogen.

Somit erhielt man Aufnahmen mit 22° cranial-excentrischem und dorsal-excentrischen Winkeln von 10°, 15°, 20°, 22°, 24°, 26°, 28°, 30° und 32°.

Bei der Durchführung des Versuchs wurde zuerst eine Aufnahme mit dem Einbiß in "Normallage" gemacht, dann die Röntgenkassette und der Einbiß gewechselt und somit in identischer Projektion die "Retrocaudallage" belichtet. Dieser Vorgang wiederholte sich für jeden Winkelwert.

Meßtechnische Auswertung

Die eindeutig beurteilbaren Konturen von Kondylus und Fossa artikularis übertrug man über einen Röntgenbildbetrachter

auf Transparentfolie, so daß die damit erhaltenen Zeichnungen in Originalgröße vermessen werden konnten.

Einzeichnen von Hilfslinien und Hilfspunkten in die Aufnahmen in "Normallage":
Parallel zum oberen Bildrand wurde eine Tangente (a) an die Fossa artikularis angelegt. Eine Senkrechte (s) durch den höchsten Punkt (A) der Fossa schnitt die Kontur des Kondylus und markierte einen Punkt (B). Durch diesen Punkt (B) zeichnete man eine Parallele (b) zur Tangente (a).

2 mm caudal von (B) auf der Senkrechten (s) wurde eine weitere Parallele zur Tangente (a) gezogen, die die Kontur des Kondylus an zwei Punkten (X) und (Y) schnitt. Die Strecke $\overline{XY}$ gab die Breite des Kondylus noch im Bereich der "Diagnostic area" (WEINBERG 116) an.

Einzeichnen von Hilfslinien und Hilfspunkten in die Aufnahmen in "Retrocaudallage":
Die Linien (a) und (s) sowie der Punkt (A) wurden wie bei den Aufnahmen in "Normallage" eingezeichnet.
Für die Bestimmung des Punktes (B') legte man die Transparentfolien der jeweiligen Aufnahmen in "Normallage" und "Retrocaudallage" übereinander und brachte die Konturen der Kondylen zur Deckung. Der auf die Aufnahme in "Retrocaudallage" übertragene Punkt (B) wurde dort (B') genannt.

Zur Bestimmung der Lageveränderung des Kondylus legte man nun wiederum die jeweiligen Aufnahmen in "Normallage" und "Retrocaudallage" übereinander und brachte die Konturen der Fossae artikulares im Bereich der "Diagnostic area" zur Deckung. Erleichtert wurde dies durch die Hilfslinien (a) und (s).

Die Lageänderung des Punktes (B) zu (B') zeigte die Kondylenverlagerung direkt an.

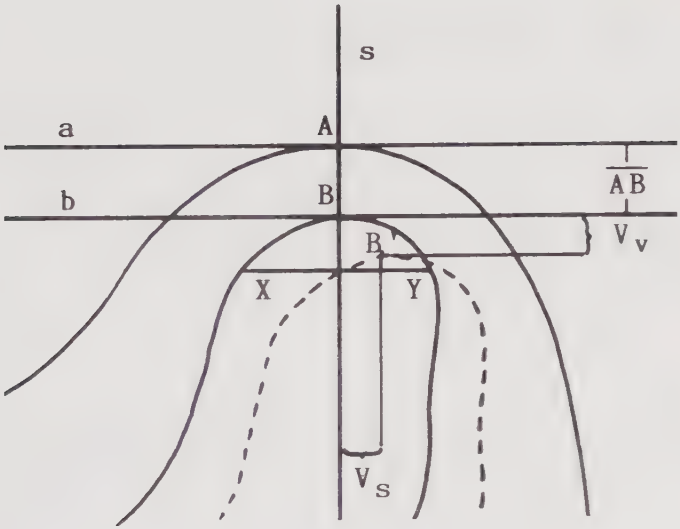


Abb. 16: Skizze zur Erfassung der Kondylenverlagerung. Stellung des Kondylus in der Fossa artikularis nach Übertragung der Röntgenbilder auf Transparentfolie.
"Normallage" —— "Retrocaudallage" ---

Strecke $\overline{XY}$ = Kondylenbreite

Abstand bB' = vertikale Kondylenverlagerung = V_v

Abstand sB' = sagittale Kondylenverlagerung = V_s

Strecke $\overline{AB}$ = craniale Gelenkspaltweite in "Normallage" = CGW_n

Abstand aB' = craniale Gelenkspaltweite in "Retrocaudallage" = CGW_r

Ergebnisse

Die folgende Tabelle zeigt die gemessenen Werte mit den Bezeichnungen wie vorstehend unter Angabe des jeweiligen dorsal-excentrischen Einstellwinkels bei der Röntgenaufnahme. Bei 26° dorsal* wurde der Kondylus axial getroffen, d.h. die eingerahmten Werte [ ] sollten die optimale Beschreibung der Gelenkverhältnisse und Kondylusverlagerungen wiederspiegeln.

Dorsal-excentrischer Einstellwinkel (Grad)	10°	15°	20°	22°	24°	26°	28°	30°	32°
$\overline{XY}$ (mm)	8,5	8,3	7,9	7,7	7,5	7,2	7,1	7,1	7,2
V_v = Abstand bB' (mm)	2,4	2,1	2,0	2,0	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8
V_s = Abstand sB' (mm)	0,2a	0	0,2r	0	0,3r	0,5r	0,5r	0,4r	0,4r

a = anterior
r = retral

Tabelle 1: Zusammenstellung der Meßwerte für die Kondylenbreite $\overline{XY}$, die vertikale Kondylenverlagerung V_v und die sagittale Kondylenverlagerung V_s

Bewertung der Ergebnisse

Die Breite des Kondylus $\overline{XY}$ nimmt mit steigenden dorsal-excentrischen Winkelwerten für die Zentralstrahlrichtung ab und erreicht ein Minimum bei 28° beziehungsweise 30°. Die geringfügig erhöhten Meßwerte bei 26° und 32° liegen im Bereich der Meßgenauigkeit, so daß zwischen 26° und 32° eine gleichwertige Aussage möglich ist. Ein geringerer Wert zeigt hier an, daß der Kondylus optimal in seiner Längsachse getroffen wurde und keine Verprojektionen der medialen Kondylenanteile nach anterior oder posterior vorliegen. Dies läßt auf eine sicherere Aussage über die Gelenkspaltverhältnisse schließen.

Die Verlagerung des Kondylus in vertikaler Richtung stellt sich im Röntgenbild deutlich dar. Die Meßwerte bewegen sich zwischen 1,6 mm und 2,4 mm. Bezogen auf einen Ist-Wert von 1,1 mm zeigen die dorsal-excentrischen Einstellungen bei 24° und 26° mit 1,6 mm die besten Ergebnisse. Innerhalb der Meßgenauigkeit liegen auch noch die Einstellungen mit 28° und 30°, so daß man im Bereich von 24° bis 30° gleichwertige Aussagen machen kann.

In der sagittalen Dimension bewegen sich die im Röntgenbild gefundenen Werte von einer Anteriorverlagerung um 0,2 mm bei 10° bis 0,5 mm Retralverlagerung bei 26° und 28° dorsal-excentrischer Einstellung. Im Bereich der Meßgenauigkeit liegen auch noch die Ergebnisse von 0,4 mm Retralverlagerung, die bei einer 30°- beziehungsweise 32°-Einstellung erzielt wurden. Hinsichtlich eines Ist-Wertes von 1,1 mm Retralverlagerung können von 26° bis 32° übereinstimmende Angaben bezüglich einer sagittalen Kondylenverlagerung gemacht werden.

Als Gesamtergebnis des Vorversuchs sind die anfänglich gestellten Fragen wie folgt zu beantworten.

Die Kondylenbreite wie auch die Kondylus - Fossa artikularis -

Beziehungen lassen im Bereich einer der Kondylenachse entsprechenden Einstellung des Röntgenzentralstrahls ein relatives Optimum erkennen.

Es sind eindeutige Aussagen über die Richtung einer Kondylenverlagerung zu machen, jedoch keine exakten Angaben über deren Ausmaß.

Vertikale Veränderungen scheinen über den tatsächlichen Wert ihrer Verlagerung hinaus vergrößert, sagittale Veränderungen verkleinert dargestellt zu werden.

Da der Versuch allein an einem Kiefergelenk durchgeführt wurde, dürfen obige Schlußfolgerungen nur als Trend gewertet werden.

In Abb. 17 sind die Durchzeichnungen der Kondylenpositionen der Voruntersuchung und die sich hieraus ergebende Diagnostik nach GERBER wiedergegeben.
Schon bei rein visueller Auswertung fällt die gute Darstellung der "Normallage" und der "Retrocaudallage" bei der **axialen** Einstellung auf.

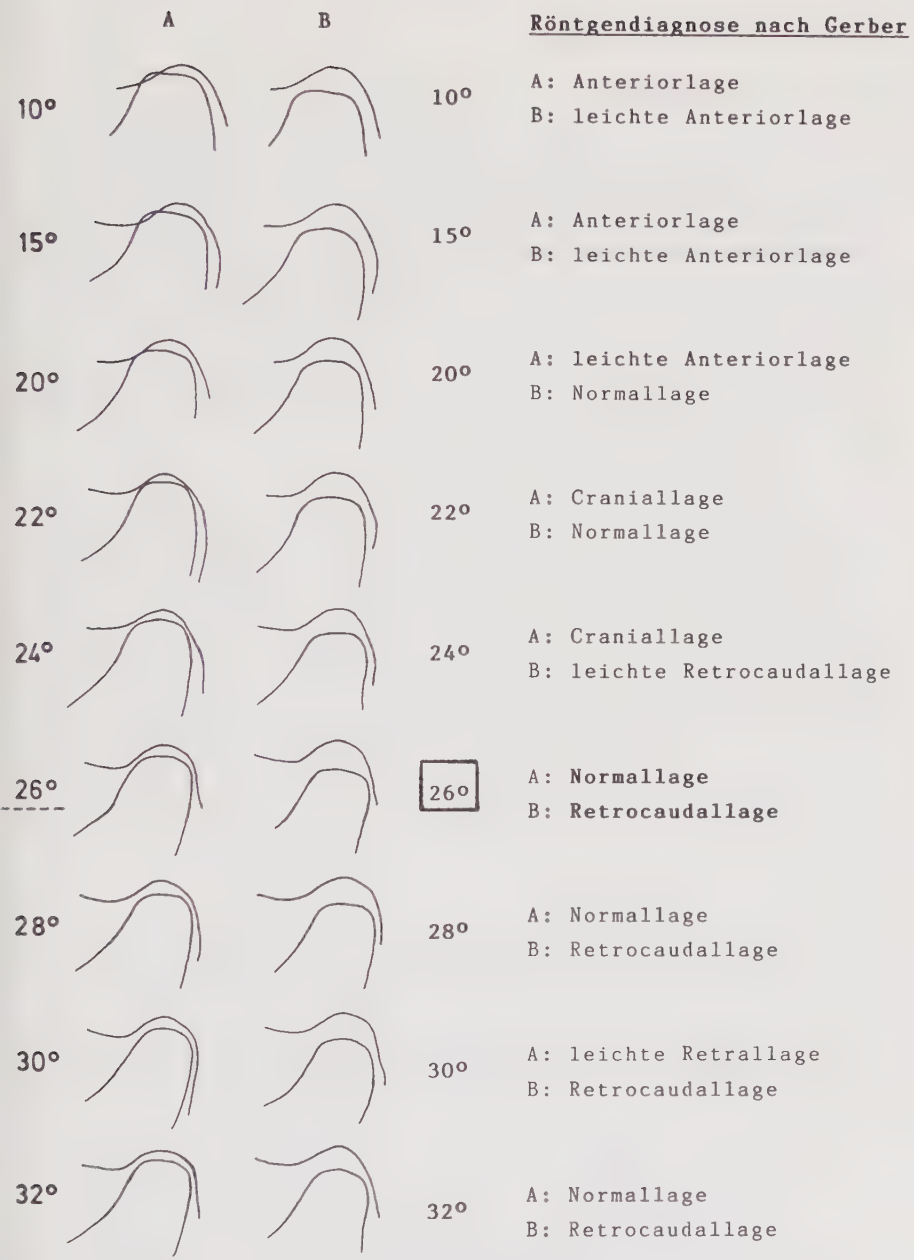


Abb. 17: Durchzeichnung der Röntgenbilder vom mazerierten Schädel

A: "Normallage" **B**: "Retrocaudallage"

4.2. Hauptuntersuchung

Die Ergebnisse der Voruntersuchung ließen eine klinische Studie mit ähnlicher Thematik sinnvoll erscheinen. Wie in der Fragestellung erwähnt, sollen die von FREESMEYER (27) im Temporomandibulären Relationssystem gefundenen Unterschiede zwischen habitueller Interkuspidation und retraler Kontaktposition mit individuell eingestellten schräglateralen Kiefergelenksröntgenaufnahmen untersucht werden.

4.2.1. Probanden

Untersucht wurden 33 Studenten der Zahnmedizin an der Universität Tübingen im Alter von 21 bis 33 Jahren. Davon waren 8 (24,2%) weiblichen und 25 (75,8%) männlichen Geschlechts. Von allen 33 konnten die axialen Schädelaufnahmen ausgewertet werden. Ein Proband wollte die Strahlenbelastung durch 4 weitere schräglaterale Kiefergelenksaufnahmen nicht auf sich nehmen. Bei einem Probanden waren nicht alle 4 schräglateralen Kiefergelenksaufnahmen auswertbar, so daß sie aus der Statistik gestrichen werden mußten.

Die Probanden waren überwiegend voll bezahnt oder fehlende Zähne waren prothetisch ersetzt. Bei allen bestand eine einwandfreie antagonistische Abstützung.

Die untersuchten Personen fühlten sich beschwerdefrei und klagten nicht über funktionelle Störungen des Kauorgans.

4.2.2. Durchführung der Untersuchung

In einem ersten Versuchsabschnitt bestimmte man die individuelle Zentralstrahlführung für die schräglateralen Kiefergelenksröntgenbilder mittels einer axialen Schädelaufnahme. Diese wurde am liegenden Patienten mit "hängendem Kopf" durchgeführt.

Material und Methode

Röntgengerät:	Siemens Orbix Schädelröntgengerät
Röntgenfilm:	Du Pont Cronex 4
Format:	18 x 24 cm
Verstärkerfolien:	Siemens - Titan 2 D
Abbildungsparameter:	Fokus-Film-Abstand 97 cm Fokus-Gelenk-Abstand ca. 85 cm
Röntgenentwicklung:	Maschinell mit Du Pont Cronex T 6
Belichtungseinstellung:	70 - 75 KV 200 mA 1,2 sec
Schwärzung:	$\pm$ 0
Patientenlagerung:	Tischplatte des Multigraphen (Siemens)

Zu Beginn der Untersuchung wurden am sitzenden Patienten mit dem Zeigefinger die lateralen Pole der Kiefergelenkköpfchen auf beiden Seiten ertastet und mit einem Filzstift auf der Haut markiert. Ebenso verfuhr man mit den Infraorbitalpunkten.

Die Patienten wurden zur Röntgenuntersuchung auf der schwimmenden Tischplatte des Multigraphen (Siemens) gelagert.
Die Röhre - Film - Einheit des Orbix Schädelröntgengerätes kippte man um 40° nach ventral, so daß der Zentralstrahl von ventral nach dorsal den Schädel durchdringen konnte.

Anschließend wurde der Patient mit der völlig entriegelten Tischplatte des Multigraphen unter die Orbix-Röhre geschoben. Das Lichtkreuz des Orbix diente dabei als Orientierungshilfe, in dem man die Schädelmedianebene mit einer Lichtlinie zur Deckung brachte. Die bewegliche Kopfstütze der wieder arretierten Tischplatte wurde in die dorsalste Stellung gebracht und der Kopf somit stark rekliniert. Die Schädeldecke stieß dabei an die Filmhalterung an. Zur Entspannung des Patienten mußte der Nacken mit einem Schaumstoffkeil unterstützt werden.

Durch Reklinieren oder Antevertieren des Kopfes wurde der Zentralstrahl exakt senkrecht zur Frankfurter Horizontale ausgerichtet. Als Orientierungshilfe diente dabei die laterale Lichtkreuzanzeige, die in Kombination mit einem Zeichentischwinkel eine genaue Kopflagerung erlaubte. Durch geringfügiges Verschieben der Tischplatte in Körperlängsrichtung konnte der Zentralstrahl der Orbix-Röntgenröhre durch beide Kondylen geführt werden.

Mit einer verstellbaren Blende wurde über eine optische Kontrolleinrichtung das zu bestrahlende Feld eingestellt.

Die Belichtung erfolgte unter Beachtung der allgemeinen Schutzvorschriften. Alle technischen Daten sind vorstehender Auflistung zu entnehmen.

Der Patient wurde aufgefordert, während der Aufnahme den Kopf absolut ruhig zu halten. Ferner mußte er die maximale Interkuspidationsstellung einnehmen, um über die Okklusion die Stellung der Kondylen in den Fossae artikulares zu fixieren.

Die Entwicklung des Röntgenfilms erfolgte nach den üblichen Kriterien.

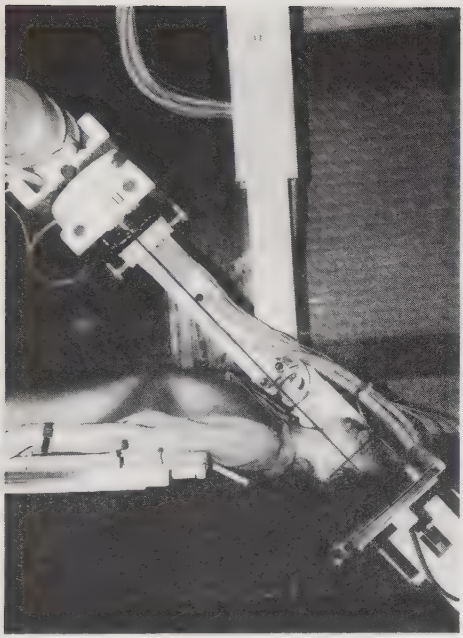


Abb. 18:
Lagerung des Patienten für die axiale Schädelaufnahme. Die Frankfurter Horizontale und die Zentralstrahlrichtung sind eingezeichnet.

Anhand der so hergestellten Röntgenbilder an 33 Probanden wurden die horizontalen Kondylenwinkel wie im Vorversuch ermittelt. Die "interkondyläre Verbindungslinie", die Verbindung der lateralen Kondylenpole, schließt mit der Kondylenachse den jedem Gelenk eigenen horizontalen Kondylenwinkel ($HCW_{r,l}$) ein. Die Kondylenachse wurde als Verbindungslinie zwischen medialem und lateralem Kondylenpol ermittelt.

Abweichend vom Vorversuch wurde bei außergewöhnlichen Kondylenformen wie z.B. stark abknickenden Gelenkköpfchen von der standardmäßigen Festlegung der Kondylenachse abgegangen.

Die Tangente an die dorso-laterale Gelenkfläche galt bei diesen Kondylenformen als die relevante Linie (siehe Abb. 19 **B**), um den horizontalen Kondylenwinkel und damit den dorsal-excentrischen Einstellwinkel für das entsprechende schräglaterale Kiefergelenksröntgenbild festzulegen.

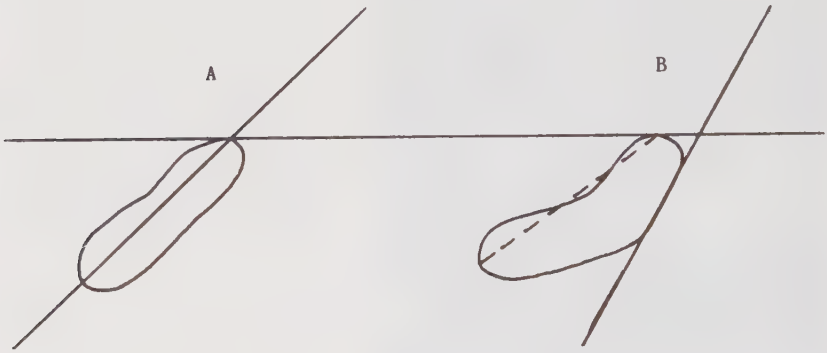


Abb. 19: Bestimmung des horizontalen Kondylenwinkels (HCW) für die dorsal-excentrische Projektionsrichtung (durchgezogene Linie).

A Standardbestimmung

B Festlegen des HCW mittels einer Tangente an die dorso-laterale Kondylenkontur bei stark abgeknickten Kondylenformen.

(gestrichelt: Verbindungslinie des medialen und lateralen Kondylenpols ergibt bei stark abgeknickten Kondylenformen falsche Projektionswinkel).

Im zweiten Teil der Untersuchung wurden bei jedem Probanden 4 schräglaterale Kiefergelenksröntgenbilder, je zwei in retraler und habitueller Kontaktposition, mit individueller dorsal-excentrischer Einstellung der Röntgenröhre durchgeführt.

Material und Methode

Röntgengerät:	Ritter Explorer
Röntgenfilm:	Du Pont Cronex 4
Format:	9 x 12 cm
Verstärkerfolien:	Siemens Rubin
Einstellbogen:	TMX-Bogen nach GRAF mit zusätzlichen Einstellhilfen (2 Klappvisiere und eine Zentrierstiftkonstruktion nach SCHULTE)
Abbildungsparameter:	Fokus-Film-Abstand 40 cm Fokus-Gelenk-Abstand ca. 37 cm
Röntgenentwicklung:	Maschinell mit Du Pont Cronex T 6
Belichtungseinstellung:	75 KV 15 mA 1,25 sec

Der Proband saß während der Aufnahme aufrecht auf einem Röntgenstuhl. Sein Kopf wurde mit einer Nackenstütze fixiert und die Frankfurter Horizontale raumhorizontal orientiert.

Der TMX-Bogen nach GRAF war an der Röntgenröhre fest montiert. Für die cranial-excentrische Projektionsrichtung wählten wir einen Winkel von 22° und stellten diesen am TMX-Bogen unveränderlich ein.

Der Bogen wurde nun dem Probanden aufgesetzt, so daß beide Wasserwaagen des Kopftellers sich in Horizontalstellung befanden. Jetzt stellte man die für jedes Gelenk spezifische dorsal-excentrische Projektionsrichtung an der Winkelskala des Kopftellers ein und drehte die Röhre um eine vertikale Achse, damit das frontale Klappvisier eine zur

Frontalebene parallele Stellung einnahm. Beide am Probanden markierten Infraorbitalpunkte wurden parallel zu den Hilfslinien des frontalen Klappvisiers und der Zentrierstift an der Filmkassettenhalterung genau auf den ebenfalls markierten lateralen Kondylenpol des zu untersuchenden Kiefergelenks ausgerichtet.

Für die exakte Übertragung der Frankfurter Horizontale auf das Röntgenbild wurde am TMX-Bogen eine selbst konstruierte Polyacrylhalterung angebracht, die es ermöglichte, daß ein unmittelbar an der Haut und in der Frankfurter Horizontale liegender 0,6 mm KfO-Draht auf das Röntgenbild projiziert wurde.

Danach wurde nochmals mit dem Zentrierstift die Lage des Gelenks im Bereich des Zentralstrahls überprüft und gegebenenfalls korrigiert.
Um bei der späteren Auswertung der Röntgenbilder auf eine genaue Vergrößerung zurückgreifen zu können, schob man den Probanden eine kleine Stahlkugel mit einem Durchmesser von 5,5 mm in den äußeren Gehörgang.

Jetzt konnte die Filmkassette in die Kassettenhalterung eingelegt werden. Der Proband mußte nun seine maximale Interkuspidationsstellung einnehmen. Während der Aufnahme sollte der Kopf absolut ruhig gehalten werden. Belichtet wurde mit den in vorstehender Auflistung angegebenen Werten.

Ohne Veränderung der Kopfhaltung legte man den Probanden ein Wachsregistrat zwischen die Zahnreihen, das die retrale Kontaktposition wiedergab und ließ sie leicht einbeißen. Damit konnten die Gelenke über die Okklusion in eine zentrierte Stellung gebracht werden. Die Wachsregistrate entstammen der Untersuchung von FREESMEYER (27).

Die Filmkassette wurde nun gewechselt und erneut mit denselben Werten belichtet. Bei allen Aufnahmen waren natürlich die allgemeinen Strahlenschutzvorschriften zu beachten. Die Entwicklung der Röntgenfilme erfolgte maschinell im Cronex T 6 von Du Pont nach den üblichen praxisgerechten Bedingungen.

Abb. 20: Probandin mit angelegtem GRAF'schem Bogen. Die Klappvisiere und der Zentrierstift ermöglichen eine sehr genaue Zentralstrahleinstellung. Das über der Kassettenhalterung angebrachte verstellbare Polyacrylärmchen dient zur Übertragung der Frankfurter Horizontalen auf das Röntgenbild.

4.2.3. Meßtechnische Auswertung

Anhand der in den Aufnahmen dargestellten Stahlkugel ließ sich eine metrische Auswertung der schräglateralen Röntgenbilder durchführen.
Ausgemessen wurden darin die Differenzen der Kondylenpositionen in retraler und habitueller Kontaktposition, indem man die Konturen von Kondylus und Fossa artikularis auf einem Röntgenbildbetrachter auf Transparentfolie zeichnete und ebenso die mit der speziellen Halterung auf das Röntgenbild übertragene Frankfurter Horizontale.

Danach vergrößerte man diese Durchzeichnungen mit einem Kopiergerät auf das Doppelte. An 5 der Durchzeichnungen wurden 10 mm lange Strecken eingezeichnet, die nach der Vergrößerung exakt 20 mm lang waren.

Diese Form der Vergrößerung und auch dieser Vergrößerungsfaktor wurde bewußt gewählt, da Messungen auf 0,25 mm Genauigkeit bei schräglateralen Kiefergelenksröntgenaufnahmen hinreichend genau sind. Bei diesen 2-fach-Vergrößerungen konnten somit mit normalen Schulgeodreiecken Mindestdifferenzen von 0,5 mm sehr gut ausgemessen werden, die dann im Original 0,25 mm Unterschiede bedeuteten.

Eine ursprünglich getestete optische Vergrößerung der Röntgenbilder auf die 10-fache Größe und das Durchzeichnen dieser Vergrößerungen auf Transparentfolie brachte keinen Erfolg. Die im Original deutlichen Kontrastlinien zwischen unterschiedlichen Strukturen dehnen sich in einer derartigen Vergrößerung auf Kontraststreifen aus, die es auch einem in der Beurteilung von schräglateralen Kiefergelenksröntgenbildern Erfahrenen unmöglich machen, eine definierte Linienführung zu finden.

Differenzen im 0,25 mm - Bereich sind bei 2-fach-Vergrößerungen gut zu erkennen und zu messen. Diesem Gedanken stimmt auch CLEMENTSCHITSCH (13) zu. Er stellte fest, daß sich Konturlinien nicht scharf begrenzt, sondern als unregelmäßig begrenzte Fläche darstellen. WEINBERG (114) hält schräglaterale transcraniale Kiefergelenksröntgenbilder im Bereich von ± 0,2 mm für reproduzierbar. Ähnliche Werte fand auch STACHNISS (107) bei einer röntgenologisch-fotographischen Vergleichsstudie. Er unterschied dabei zwischen sagittalen und vertikalen Differenzen mit Werten von 0,10 mm ± 0,07 mm bzw. 0,28 mm ± 0,14 mm.

In Abwandlung der Voruntersuchung wurde die Ausmessung in folgender Weise erweitert: (Siehe Abb.: 21).

Durch B zog man eine Senkrechte s, die den Kondylus quasi als Längsachse des Ramus ascendens mandibulae durchschnitt. Die Transparentfolie, die den Kondylus des jeweiligen Gelenkes in Interkuspidationsposition darstellt, wurde über die Folie in retraler Kontaktposition gelegt, und die Kondylen im Bereich der "Diagnostic area" zur Deckung gebracht. Man übertrug den Scheitelpunkt B des Kondylus und die Senkrechte s auf die aufgelegte Folie und nannte diese geometrischen Orte dort B' und s'.

Im folgenden Arbeitsgang wurden die Konturen der Fossae artikulares wiederum im Bereich der "Diagnostic area" zur Deckung gebracht. Somit konnten die Positionsänderungen der Kondylen zwischen retraler Kontaktposition und Interkuspidationsposition an der unterschiedlichen Lage der Punkte B und B' unmittelbar abgelesen werden.

Die Messung der Lageveränderung wurde wie folgt durchgeführt:
Zur Bestimmung der sagittalen Kondylenverlagerung fällte man das Lot von B' auf s und maß diese Lotstrecke mit dem

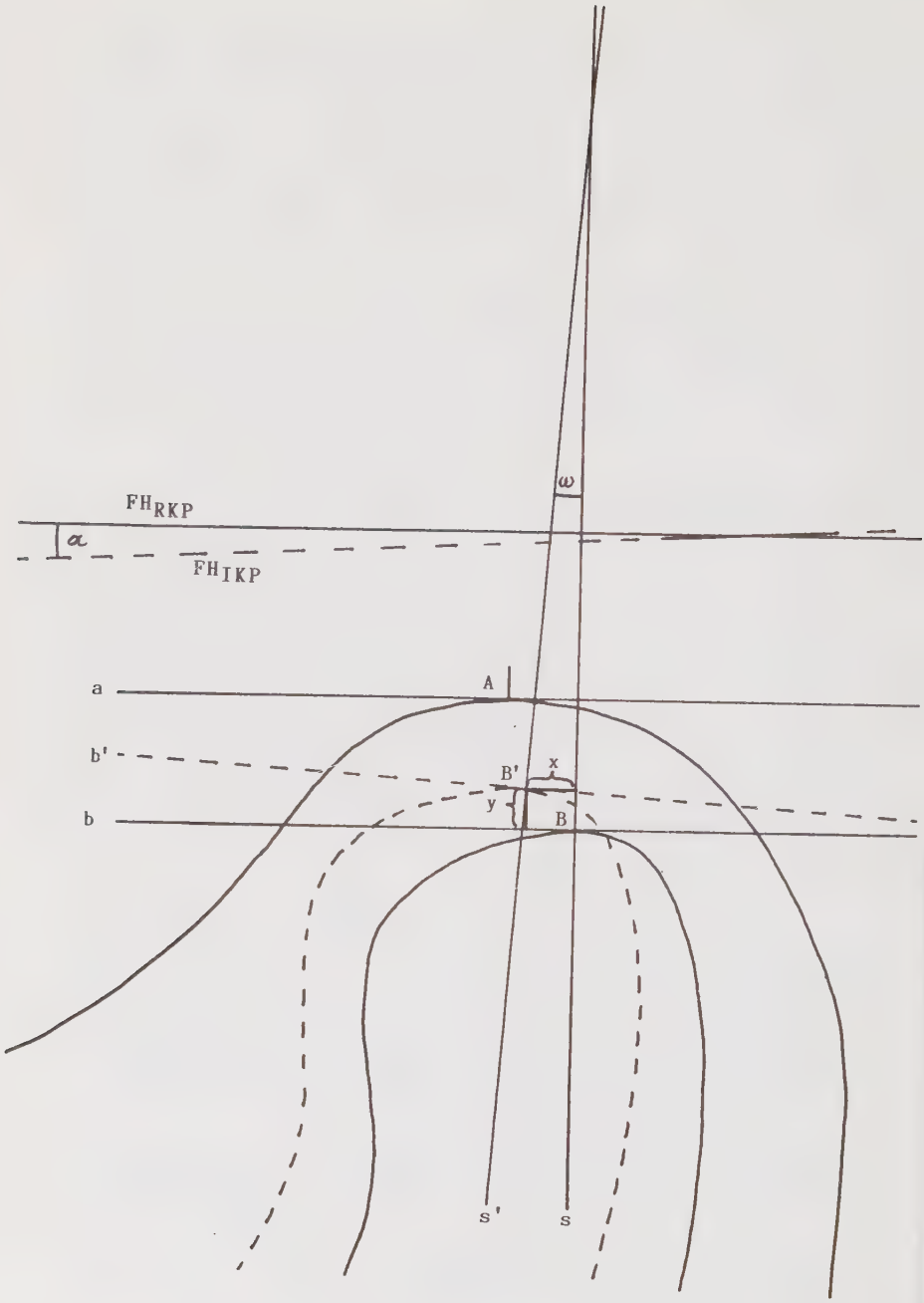

ω
FH_RKP
α
FH_IKP
a
A
b'
B'
x
y
b
B
s'
s

Abb. 21: Skizze zur meßtechnischen Erfassung der veränderten Kondylenlage zwischen Interkuspidationsposition und retraler Kontaktposition

——— Kiefergelenksröntgenbild in RKP

---- Kiefergelenksröntgenbild in IKP

FH_{IKP} : Frankfurter Horizontale des Röntgenbildes in IKP

FH_{RKP} : Frankfurter Horizontale des Röntgenbildes in RKP

a : Tangente an Fossa artikularis parallel zur FH_{RKP}

b : Tangente an Kondylus parallel zur FH_{RKP}

A : Berührungspunkt der Tangente a

B : Berührungspunkt der Tangente b

b' : Tangente an Kondylus in IKP parallel zur FH_{RKP}

B' : Berührungspunkt der Tangente b'

s : Senkrechte zu b durch B "quasi Längsachse des Ramus ascendens mand. in RKP"

s' : Senkrechte zu b' durch B' "quasi Längsachse des Ramus ascendens mand. in IKP"

α : Differenzwinkel der Frankfurter Horizontalen zwischen den Abbildungen in IKP und RKP

ω : Winkel zwischen den "Ramuslängsachsen" in IKP und RKP

x : Meßstrecke der sagittalen Kondylenverlagerung

y : Meßstrecke der vertikalen Kondylenverlagerung

Geodreieck. Die Hälfte der Meßstrecke x ergab den gesuchten Wert V_s für die sagittale Kondylendifferenz zwischen IKP und RKP.

$$V_s = \frac{x}{2} \quad (mm)$$

Um die vertikale Kondylenverlagerung zu erhalten, wurde das Lot von B' auf b gefällt und diese Lotstrecke ebenfalls mit dem Geodreieck abgemessen. Die Hälfte der Meßstrecke y ergab den Wert V_v für die vertikale Kondylendifferenz zwischen IKP und RKP.

$$V_v = \frac{y}{2} \quad (mm)$$

In vorstehend beschriebener Position der Transparentfolien - die Fossae artikulares sind im Bereich der "Diagnostic area" zur Deckung gebracht - können auch die Winkel α und ω unmittelbar ausgemessen werden. Sie werden in Grad (^{o}) angegeben. Mit der schon erwähnten Polyacrylhalterung wurde ein in der Frankfurter Horizontale liegender KfO-Draht auf alle Röntgenbilder projiziert. Legt man die Durchzeichnungen der Röntgenbilder eines Gelenks in IKP und RKP übereinander, wie oben beschrieben, müßten folglich auch die Frankfurter Horizontalen exakt aufeinander zu liegen kommen, mindestens jedoch parallel sein. Da dies meist nicht der Fall war, ist dieser Versuch und diese Messungen notwendig, um eine gewisse Aussage über den Grad der Reproduzierbarkeit und damit der Genauigkeit von Kiefergelenksröntgenaufnahmen mit dem GRAF'schen Bogen machen zu können. Die Werte der Winkel α geben die Abweichungen der Frankfurter Horizontalen der in IKP belichteten Aufnahmen von der in RKP belichteten an.

Eine registratbedingte Rotation der Kiefergelenke in RKP wurde wie folgt gemessen: In die Auswertungen der Röntgenbilder zeichnete man die Geraden s (RKP) und s' (IKP) ein,

die quasi die Längsachsen der Rami ascendentes der Mandibula darstellten.

Diese beiden Geraden schlossen den Öffnungswinkel ω ein. Ausgehend von s', die bei maximalem Zahnreihenschluß als fixe Linie angenommen wurde, bezeichnete man den Winkel ω dann als positiv "+", wenn s' gemäß der Mundöffnungsbewegung gegen s rotierte. Im umgekehrten Fall wurde der Winkel mit negativem Vorzeichen "-" versehen.

Sämtliche Winkel wurden mit einem Schul-Geometrie-Dreieck auf $0{,}5^{o}$ ausgemessen.

4.3. Ergebnisse

Die Auswertung der axialen und transcraniellen Schädelaufnahmen erfolgte nach den im vorstehenden Abschnitt auf Abb. 19 und Abb. 21 schematisch dargestellten Verfahren.

Statistik

Alle statistischen Angaben beruhen unter der Voraussetzung einer Gauß'schen Normalverteilung auf folgenden Formeln:

Mittelwert $\bar{x}$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x$$

Standardabweichung mit (n-1) - Gewichtung

$$s = \frac{\sqrt{x^2 - n\bar{x}^2}}{n-1}$$

Varianz mit n - Gewichtung

$$s' = \frac{\sum x^2 - n\bar{x}^2}{n}$$

Die gemessenen Einzelwerte sind probandenspezifisch im Anhang angeführt.

4.3.1. Horizontaler Kondylenwinkel

Die Meßwerte der horizontalen Kondylenwinkel bewegten sich zwischen 5^{o} und 40^{o}.

Für das rechte Kiefergelenk konnten Winkel zwischen 9^{o} und 40^{o}, für das linke Gelenk zwischen 5^{o} und 34^{o} gemessen werden.

Als Mittelwerte wurden für den

horizontalen Kondylenwinkel der rechten Kiefergelenke

HCW_r:	$\bar{x}$	= 20,42°	n = 33
	s	= 6,93°	
	s'	= 46,61°	

den horizontalen Kondylenwinkel der linken Kiefergelenke

HCW_l	$\bar{x}$	= 20,71°	n = 33
	s	= 5,87°	
	s'	= 33,44°	

und

den horizontalen Kondylenwinkel aller untersuchten Kiefergelenke

HCW_{Gesamt}:	$\bar{x}$	= 20,57°	n = 66
	s	= 6,38°	
	s'	= 40,04°	

errechnet.

Interessant erscheint auch die Frage, ob die horizontalen Kondylenwinkel im Vergleich von Frauen zu Männern unterschiedlich sind.
Die Extremwerte bewegten sich bei Frauen zwischen 10^{o} und 31^{o}, bei Männern zwischen 5^{o} und 40^{o}.
Eine Bestimmung der Mittelwerte der beiden Personengruppen erbrachte exakt übereinstimmende Zahlen.

Die geschlechtsspezifische Verteilung ergab folgende Werte:

HCW_{Frauen}:	$\bar{x}$ =	20,56°	n = 16
	s =	5,97°	
	s' =	33,37°	
$HCW_{Männer}$:	$\bar{x}$ =	20,57°	n = 50
	s =	6,56°	
	s' =	42,18°.	

Die individuellen Rechts-Links-Differenzen der horizontalen Kondylenwinkel dHCW zeigten bei Männern mit 4,06° (n = 25) einen deutlich höheren Mittelwert als bei Frauen mit 3,13° (n = 8).

Die Extremwerte lagen bei beiden Personengruppen nahezu auf gleicher Ebene, bei Frauen zwischen 1° und 9° bei Männern zwischen 0° und 9°.

In der Gesamtheit aller Untersuchten ergab die Rechts-Links-Differenz der horizontalen Kondylenwinkel einen Mittelwert von

$\bar{x}$ = 3,83° (n = 33)
s = 2,40°
s' = 5,59°.

4.3.2. Vergrößerungsfaktor der schräglateralen Röntgenbilder

Um eine Größenbeziehung zwischen den geröntgten Kiefergelenken einerseits und den auf den Röntgenbildern sichtbaren Strukturen des Gelenks andererseits herstellen zu können, wurden die Durchmesser (D) der runden Stahlkugeln gemessen und zur Originalgröße in Beziehung gesetzt.

Für die Bilder der rechten Kiefergelenke ergeben sich folgende Durchschnittswerte:

D_r: $\bar{x} = 5{,}8129$ mm, $s = 0{,}1024$ mm, $s' = 0{,}0102$ mm^2, $n = 31$

Durchschnittswerte der Bilder der linken Kiefergelenke:

D_l: $\bar{x} = 5{,}8258$ mm, $s = 0{,}0999$ mm, $s' = 0{,}0097$ mm^2, $n = 31$

Mit den Bildern beider Seiten läßt sich der Gesamtdurchschnittswert berechnen.

D_{Gesamt}: $\bar{x} = 5{,}8194$ mm, $s = 0{,}1006$ mm, $s' = 0{,}0099$ mm^2, $n = 62$

Der Durchmesser der Stahlkugel im Original (D_o) betrug 5,50 mm.

Der Vergrößerungsfaktor V berechnet sich als Quotient aus dem Mittelwert aller Messungen D_{Gesamt} und dem originalen Durchmesser D_o der verwendeten Stahlkugel nach der Formel

$$V = \frac{D_{Gesamt}}{D_o}$$

Die Berechnungen ergeben:

$$V = \frac{5{,}8194 \text{ mm}}{5{,}5000 \text{ mm}} = 1{,}0581$$

Als Ergebnis läßt sich folglich festhalten, daß die Röntgenbilder die Originalstrukturen um **5,81 % vergrößert** wiedergeben.

4.3.3. Bestimmung der Einstellgenauigkeit anhand der Differenzwinkel zwischen den Frankfurter Horizontalen

Wie in Abb. 21 erklärt, konnte man bei zur Deckung gebrachter Fossa artikularis der Röntgenbilder in habitueller Kontaktposition und retraler Kontaktposition die Winkelunterschiede zwischen den einprojizierten Frankfurter Horizontalen jeweils für das rechte und linke Kiefergelenk (α_r und α_l) bestimmen. Ebenso die Differenz zwischen den Winkeln der beiden Gelenke ($d\alpha$).

Für die Aufnahmen des rechten Kiefergelenks ergaben sich folgende Durchschnittswerte von

α_r: $\bar{x} = 3{,}2742^o$ n = 31
$s = 3{,}4709^o$
$s' = 11{,}6587^o$

Bei 6 Aufnahmen (19,35%) war keine Differenz zwischen den Winkeln der Frankfurter Horizontalen festzustellen, bei 7 Aufnahmen (22,58%) überstieg sie den Wert von 5^o.

Die Aufnahmen des linken Kiefergelenks brachten folgende Durchschnittswerte für

α_l: $\bar{x} = 3{,}3226^o$ n = 31
$s = 2{,}8622^o$
$s' = 7{,}9282^o$

Bei 4 Aufnahmen (12,90%) betrug die Differenz 0^o, bei 8 Aufnahmen (25,81%) mehr als 5^o.

Die Differenzen $d\alpha$ zwischen den Aufnahmen des rechten und linken Kiefergelenks bei jeweils einem Probanden bewegten sich in geringeren Größenordnungen als zwischen den Aufnahmen in IKP und RKP. So konnte man für $d\alpha$ einen Durchschnittswert von $\bar{x} = 2{,}2419^o$ bei $s = 2{,}0851^o$ und $s' = 4{,}2076^o$ ermitteln

Bei 6 Aufnahmen (19,35%) betrug die Differenz 0^{o}, bei 3 Aufnahmen (9,68%) mehr als 5^{o}. Diese Abweichungen wurden bei den Berechnungen berücksichtigt, um die Fehlermöglichkeit für weitere Berechnungen gering zu halten.

4.3.4. Winkelwerte der Kiefergelenkrotation (ω)

Alle positiven Werte entsprechen einer Rotation des Kiefergelenks in erwarteter Öffnungsrichtung von IKP zu RKP. Die negativen Werte spiegeln eine Schließbewegung des entsprechenden Gelenks vor.

Von 31 untersuchten Patienten mit folglich 62 Kiefergelenken zeigten 9 Gelenke eine negative Drehrichtung. Davon war bei 7 Patienten eine schließende Drehrichtung nur in einem Gelenk und bei einem Patienten in beiden Gelenken zu beobachten.

Diese negativen Rotationswerte sind auch nicht anhand der gemessenen Kiefergelenksverlagerungen in vertikaler und sagittaler Hinsicht zu erklären.

Eine Deutung des Phänomens ließe vielleicht eine Untersuchung der transversalen Kiefergelenksverlagerungen zu.

Bei einem Probanden konnte in beiden Gelenken keine Drehung festgestellt werden.

Untersuchte Patienten	31	100,00 %
Öffnungsrotation in beiden Gelenken	22	70,97 %
Öffnungsrotation in einem Gelenk und Schließrotation im anderen	7	22,57 %
Schließrotation in beiden Gelenken	1	3,23 %
Keine Rotation	1	3,23 %

Die Winkelwerte betrugen im Durchschnitt für das rechte Gelenk

ω_r: $\bar{x} = 2,30^o$ n = 23
$s = 1,79^o$
$s' = 3,08^o$

und für das linke Gelenk

ω_l: $\bar{x} = 2,48^o$ n = 23
$s = 1,65^o$
$s' = 2,60^o$

Als Gesamtergebnis ergab sich folglich

ω_{Gesamt}: $\bar{x} = 2,39^o$ n = 46
$s = 1,71^o$
$s' = 2,85^o$

Bei diesen 23 Patienten betrug die durchschnittliche Differenz der Winkel zwischen rechtem und linkem Kiefergelenk

$d\omega$: $\bar{x} = 1,87^o$ n = 23
$s = 1,55^o$
$s' = 2,31^o$

Bei 4 Patienten (12,90%) stimmten die Werte für das rechte und linke Kiefergelenk überein. Bei 6 weiteren (19,35%) lagen die Differenzen im Bereich der Meßgenauigkeit von $0,5^o$.

4.3.5. Unterschiede zwischen retraler Kontaktposition und habitueller Interkuspidation Statistische Übersicht

Aus Tabelle 2 sind die maximalen und minimalen Werte, sowie die Mittelwerte ($\bar{x}$), Standardabweichungen (s) und Varianz (s') sowohl der TMR-, als auch der Röntgenanalyse abzulesen.

n = 31	sagittal TMR	sagittal Röntgen	vertikal TMR	vertikal Röntgen
rechts	mm	mm	mm	mm
max.	2,75 ventral	1,50 ventral	1,00 cranial	1,75 cranial
min.	0,75 dorsal	2,25 dorsal	1,75 caudal	2,00 caudal
$\bar{x}$	0,59 ventral	0,26 ventral	0,23 caudal	0,23 caudal
s	0,70	0,74	0,69	0,81
s'	0,48 mm^2	0,53 mm^2	0,47 mm^2	0,64 mm^2
links				
max.	1,50 ventral	1,25 ventral	0,50 cranial	0,75 cranial
min.	1,00 dorsal	1,25 dorsal	1,25 caudal	3,75 caudal
$\bar{x}$	0,35 ventral	0,23 ventral	0,32 caudal	0,56 caudal
s	0,60	0,53	0,52	0,85
s'	0,35 mm^2	0,27 mm^2	0,26 mm^2	0,69 mm^2

Tab.2: Absolutwerte der RKP-IKP-Differenzen im Vergleich TMR-Analyse zu Röntgenanalyse. Zu beachten sind die relativ großen Standardabweichungen.

Die röntgenologisch gemessenen Mittelwerte in sagittaler Richtung von 0,26 mm ventral rechts und 0,23 mm ventral links waren geringer als die der TMR-Analyse.
In vertikaler Richtung konnten rechts mit 0,23 mm caudal mit beiden Meßmethoden identische Mittelwerte erzielt werden. Links brachte die röntgentechnische Auswertung mit 0,56 mm caudal einen deutlich höheren Meßwert.

4.3.6. Sagittale RKP - IKP - Differenzen der Kondylenpositionen

Von 31 Patienten wurde in der Untersuchung auf sagittale Positionsveränderungen mit dem TMR-Vermessungsgerät bei 17 (54,84%) eine beidseitige ventrale Kondylenverlagerung festgestellt. 7 (22,58%) zeigten eine einseitig ventrale

Verlagerung mit einem unveränderten kontralateralen Gelenk, 3 (9,68%) eine einseitig ventrale Verlagerung mit einem kontralateralen Gelenk in dorsaler Stellung. Bei 2 Probanden (6,45%) konnten beide Gelenke als dorsal verlagert ausgemessen werden, bei einem (3,23%) war ein Gelenk in dorsaler Position das andere unverändert. Ein Proband (3,23%) zeigte exakte Übereinstimmung.

Mit dem röntgentechnischen Meßverfahren konnten nahezu gleiche Ergebnisse ermittelt werden. Es fanden sich bei 15 Probanden (48,39%) beiderseits ventrale Kondylenverlagerungen, bei 6 Probanden (19,35%) war nur ein Kondylus nach ventral verlagert, der kontralaterale jedoch unverändert. Ebenfalls 6 Probanden (19,35%) zeigten eine Ventral-Verlagerung des einen und eine Dorsalverlagerung des anderen Kondylus.

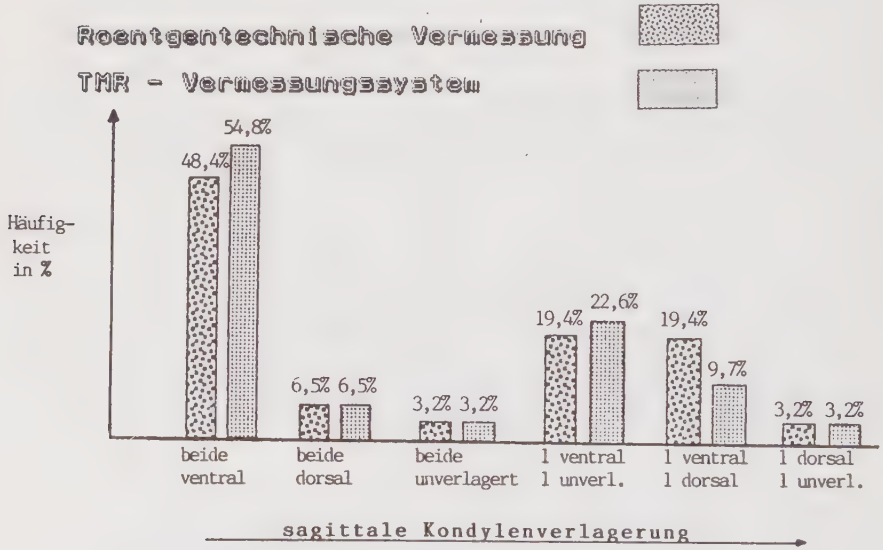


Abb. 22: Säulendiagramm
Kondylenverlagerungen in sagittaler Richtung
Registriert wurden die Kondylenverlagerungen von RKP zur IKP.

Beide Kondylen waren bei 2 Probanden (6,45%) in einer dorsaleren Stellung, bei einem (3,23%) lag nur ein Kondylus dorsaler, der kontralaterale jedoch unverändert. Bei einem Probanden (3,23%) konnte keine Differenz zwischen habitueller Interkuspidation und zentrischer Relation festgestellt werden.
Die röntgentechnische Auswertung der 62 Kiefergelenke bezüglich einer sagittalen RKP-IKP-Differenz zeigten 9 Gelenke (14,52%) unverlagert, 42 Gelenke (67,74%) nach ventral und 11 Gelenke (17,74%) nach dorsal verlagert.
Ähnliche Prozentzahlen erbrachte auch die TMR-Analyse mit 10 unverlagerten Gelenken (16,13%), 44 ventral (70,97%) und 8 dorsal (12,90%) verlagerten Gelenken.

Vergleicht man die Ergebnisse beider Auswertungstechniken hinsichtlich der Richtung der sagittalen RKP-IKP-Differenzen miteinander, so läßt sich feststellen:

Bei 55 von 62 untersuchten Gelenken, das sind **88,71%**, findet sich eine röntgentechnisch festgestellte Ventralverlagerung bzw. Dorsalverlagerung auch in der TMR-Analyse wieder.

Von diesen 55 (100%) in der Richtung (dorsal, ventral) der Verlagerung gleichen Gelenke sind 22 (40%) sogar im Absolutwert ihrer Verlagerung identisch, 11 Gelenke (20%) zeigen in der röntgentechnischen Auswertung größere (Mittelwert 0,50 $\pm$ 0,42 mm) und 22 Gelenke (40%) kleinere Meßwerte (Mittelwert 0,625 $\pm$ 0,35 mm).

Da man bei 15 der 55 Meßwerte nur Unterschiede von 0,25 mm zwischen den sagittalen RKP-IKP-Differenzen beider Auswertungstechniken ermitteln konnte, liegen diese noch im Toleranzbereich der Messungen überhaupt.
Innerhalb dieser Meßtoleranz erbringen somit beide Auswertungstechniken bei **61,29%** der untersuchten Kiefergelenke **identische Ergebnisse.**

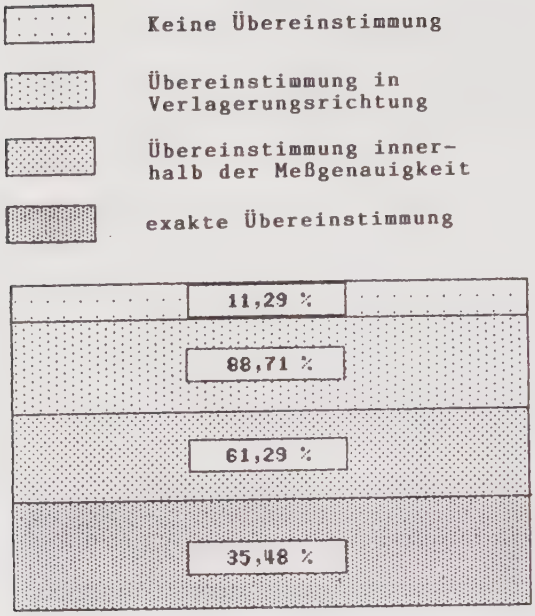


Abb. 23: Übersichtsdiagramm
Prozentuale Übereinstimmung der sagittalen RKP-IKP-Differenzen, die einerseits röntgentechnisch, andererseits TMR-analytisch ermittelt wurden.

4.3.7. Vertikale RKP - IKP - Differenzen der Kondylenpositionen

Die Auswertung der Vertikalverlagerungen in der TMR-Analyse ergab bei 45,16% der Probanden eine beidseitige Caudalverlagerung der Gelenke. Die röntgentechnische Untersuchung erbrachte einen entsprechenden Wert von 48,39%.

Die weitere Verteilung der Vertikalverlagerungen ist nachfolgendem Säulendiagramm zu entnehmen.

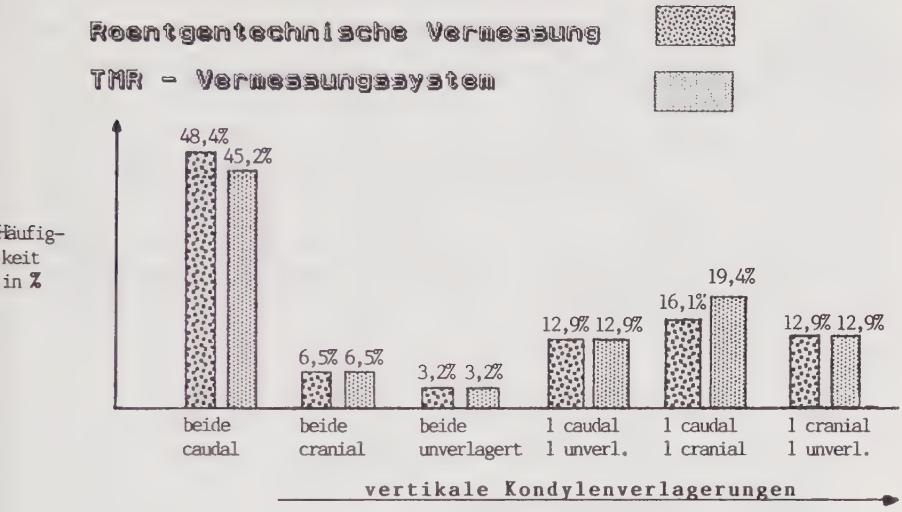


Abb. 24: Säulendiagramm
Vertikale Kondylenverlagerungen
Registriert wurden die Veränderungen von RKP zur IKP

Die röntgentechnische Untersuchung der 62 Kiefergelenke auf vertikale Verlagerungen hin erbrachte 38 (61,29%) caudal und 14 (22,58%) cranial verlagerte Kondylen. 10 Kondylen (16,13%) zeigten keine Veränderungen ihrer Vertikaldimension.

Mit der TMR-Analyse waren 36 Kondylen (58,06%) caudal und 14 (22,58%) cranial verlagert. Bei den restlichen 12 (19,35%) konnte keine vertikale Lageveränderung festgestellt werden.

Versucht man nun die Ergebnisse der beiden Meßmethoden in Einklang zu bringen, so ergibt sich, daß 55 (88,71%) der 62 Gelenke in Richtung der Lageveränderung des Kondylus übereinstimmen.
Von diesen 55 sind 21 Kondylen (33,87%) um exakt den gleichen

Betrag der Messung verändert, 17 (27,42%) zeigen mit der röntgentechnischen Methode einen größeren ($\bar{x}$ = 0,72 ± 0,77 mm) und ebenfalls 17 (27,42%) einen kleineren Wert ($\bar{x}$ = 0,46 ± 0,31 mm).

Innerhalb des Toleranzbereiches von 0,25 mm liegen weitere 13 Messungen.
Damit kann man sagen, daß mit beiden Meßtechniken, bei 34 der 62 Gelenke, also **54,84%**, in vertikaler Hinsicht **identische Ergebnisse** erzielt wurden.

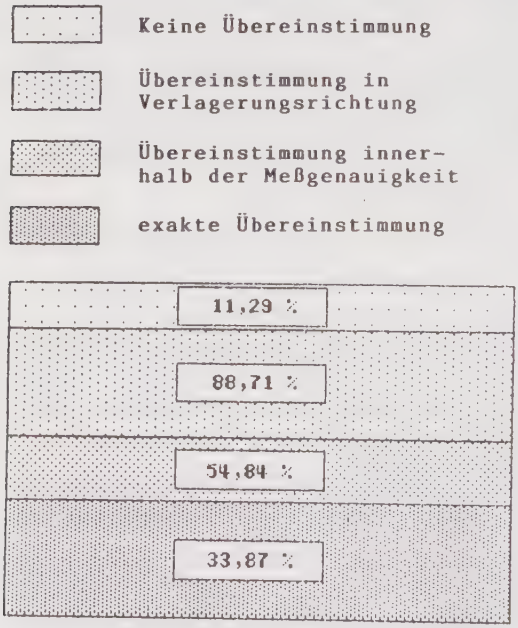


Abb. 25: Übersichtsdiagramm
Prozentuale Übereinstimmung der vertikalen RKP-IKP-Differenzen beider Meßmethoden.

4.3.8. Gesamtbetrachtung der RKP - IKP - Differenzen

Es wurden für die Bestimmung der Kiefergelenksverlagerungen bei jedem Probanden pro Meßverfahren 4 Werte ermittelt; für jede Seite ein Wert in vertikaler und in sagittaler Richtung. (Siehe Einzelergebnisse im Anhang).
Überprüft man nun die beiden Verfahren auf Übereinstimmung aller 4 Meßwerte, also auf Übereinstimmung der Unterkieferverlagerung in vertikaler **und** sagittaler Richtung, so ergeben sich interessante Ergebnisse:

1. In 70,97% der Fälle stimmt die Gesamtrichtung der Unterkieferverlagerung überein.

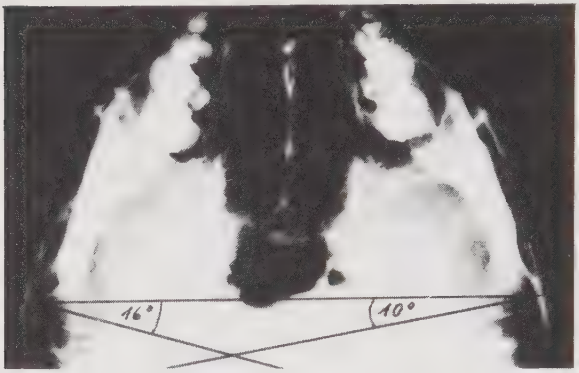
2. Bei 16,13% stimmten 3 der 4 Werte auch betragsmäßig überein. Der 4. differierte im Betrag, stimmte jedoch in der Richtung der Verlagerung.

3. Legt man eine 0,25 mm Meßtoleranz an, stimmen **19,35%** der untersuchten Unterkieferverlagerungen bei beiden Techniken in **Richtung und Betrag** überein.

Zur Veranschaulichung der angeführten Ergebnisse sind in Abb. 26 beispielhaft für einen Probanden alle erstellten Röntgenaufnahmen mit geringer RKP-IKP-Differenz zusammengefaßt.

Beachtenswert ist die identische Patientenlagerung für jeweils beide Aufnahmen, erkennbar an der Lage der einprojizierten Einstellhilfe für die Frankfurter Horizontale.

Abb. 26: Unterlagen für die röntgenologische Erfassung der Meßdaten bei einem Probanden.

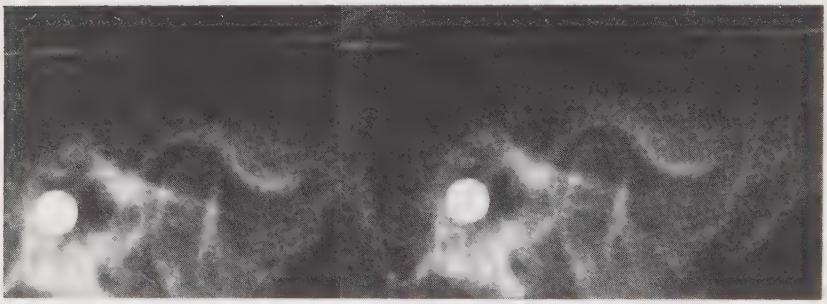


a:
Axiale Schädelaufnahme

HCW_r : 16°
HCW_l : 10°

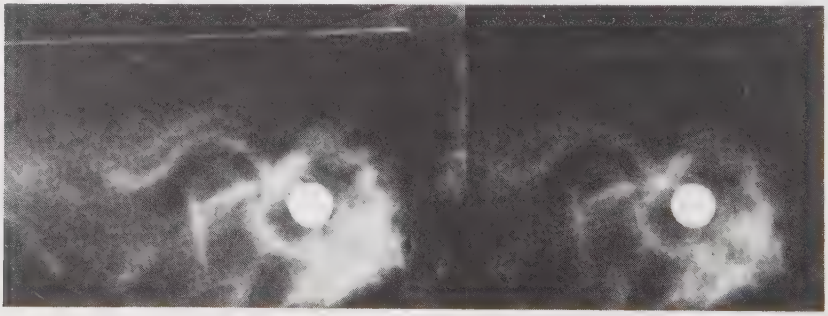
b: Schräglaterale Röntgenaufnahmen des rechten Kiefergelenks mit 22° cranialer* und 16° dorsaler* Zentralstrahlrichtung

IKP RKP



c: Schräglaterale Aufnahmen des linken Kiefergelenks mit 22° cranialer* und 10° dorsaler* Zentralstrahlrichtung

IKP RKP



5. Diskussion

Die Untersuchung hatte zum Ziel, die klinische Anwendbarkeit des schräglateralen Kiefergelenksröntgenbildes näher zu beleuchten.

Dabei stand die Frage im Mittelpunkt, ob Angaben über Positionsveränderungen der Kondylen möglich und sinnvoll sind.

Natürlich dürfen nachfolgende Aussagen nur auf die hier angewandte Methode bezogen werden.

5.1. Diskussion der Methode

Methoden zur Herstellung von schräglateralen Kiefergelenksröntgenbildern mit individueller dorsal- und cranial-excentrischer Zentralstrahlführung beschreiben KRENKEL et al. (60), KULMER und KRENKEL (65) und SIEBERT und LANG (104). Eine individuelle cranial-excentrische Einstellung der Röntgenröhre hat sich in der hier vorliegenden Untersuchung als ungünstig erwiesen, da in jedem Falle die Gelenkstrukturen von störenden Schatten der Schädelbasis freiprojiziert werden mußten. Deshalb wurde eine feste und relativ steile craniale* Projektionsrichtung von 22° gewählt, die auch die röntgentechnischen Nachteile der raumhorizontalen Orientierung der Frankfurter Horizontalen überbrückte. Normalerweise wird an unserer Klinik die Campersche Ebene raumhorizontal eingestellt. Um die Meßwerte des TMR-Systems mit denen der schräglateralen Röntgenbilder vergleichen zu können, mußte jedoch die Frankfurter Horizontale als Bezugsebene verwendet werden.

Dabei stellte sich heraus, daß bei dorsal-excentrischen Einstellwinkeln über 30° Pyramidenschatten in den Gelenkstrukturen nicht mehr zu vermeiden waren.

Als Maß für die Reproduzierbarkeit der Kiefergelenksröntgenbilder mit der hier beschriebenen Methode wurde der in Kapitel 4.3.3. dargestellte "Differenzwinkel der einprojizierten Frankfurter Horizontalen" gewählt. Der durchschnittliche Differenzwinkel von 3,30° zeigt, daß mit beschriebener Methode keine absolut identischen Reproduktionen einer Aufnahme möglich sind. Die Übereinstimmung zweier mit dieser Technik durchgeführten Röntgenaufnahmen eines Kiefergelenks ist jedoch so groß, daß die Durchzeichnungen der Röntgenbilder in RKP und IKP auf Transparentfolie, wie sie in Kapitel 4.2.3. (Meßtechnik) beschrieben sind, ohne Schwierigkeiten zur Deckung gebracht werden konnten.

Gerade das Vergleichen der gesamten Strukturen der Fossae bzw. Kondylen mittels oben erwähnter Durchzeichnungen erwies sich als sehr praktikabel, da sich damit kleine Ungenauigkeiten, die durch partielle Kontrastverschiebungen oder Überlagerungen entstanden, automatisch korrigierten. Bei Messungen, die auf Gelenkspaltbreiten beruhen FRÖHLICH (30) WEINBERG (116), KAPUDAGI (57), RICKETTS (91) würden sich diese Fehler auf das Gesamtergebnis auswirken.

Es läßt sich bezüglich der Methode folglich festhalten, daß außer der projektionsbedingten Fehlermöglichkeit auch ein verfahrensbedingter Fehler bei der meßtechnischen Auswertung vorliegen kann, der sich auf Strichdicke der Durchzeichnungen bzw. Ablesefehler bei der Messung gründet, daß er jedoch sicherlich durch die Auswertung der Gelenkstrukturen in ihrer "Gesamtheit" kleiner als der projektionsbedingte Fehler, also unter 0,25 mm, anzusetzen ist.

5.2. Diskussion der Ergebnisse

Fragestellung 3.1. von Seite 26
Kapitel 4.3.1. bestätigt die bisherige Auffassung, wonach die horizontalen Kondylenwinkel einer sehr großen Variabi-

lität unterliegen. Werte zwischen 5° und 40° entsprechen in etwa den von WILLIAMSON und WILSON (117) gefundenen von 0° bis 48° oder den von HÜLS (50) computertomographisch ermittelten Werten für Probanden von 2° bis 34° sowie für Myoarthropathiepatienten von 2° bis 54°.

Diese große Bandbreite der anatomischen Gegebenheiten demonstriert die Schwierigkeit, eine Standardprojektionsrichtung für schräglaterale Kiefergelenksröntgenaufnahmen anzugeben.

Der Durchschnittswert für den horizontalen Kondylenwinkel von 20,57° (± 6,56°) bei Männern stimmt überraschenderweise exakt mit dem für Frauen gefundenen von 20,56° (± 5,97°) überein.

HÜLS (50) gibt für Probanden einen Winkel von 18,60° (± 6,54°) und für Myoarthropathiepatienten von 21,13° (± 9,46°) an. Die geringfügig höheren Werte bei unseren Probanden lassen sich durch die veränderte Meßtechnik erklären, die aus projektionstechnischen Gründen laterale "Abknickungen" der Kondylen stärker berücksichtigte (siehe Abb. 19), was zu größeren Winkelwerten führte.

Obwohl in der Literatur dazu differierende Winkel angegeben werden (LINDBLOM 68, WILLIAMSON und WILSON 117, PALLA 80), kann der Untersuchung entnommen werden, daß man eine standardisierte Kiefergelenksaufnahme mit einer Winkeleinstellung von 22° cranial und 20° dorsal durchführen sollte. Zu große Abweichungen der Zentralstrahlrichtung von der Kondylenlängsachse führen, wie der Vorversuch zeigt, zu starken Verzerrungen der Kondylus-Fossa artikularis-Relation. Erst bei nicht ausreichender Qualität des Bildes in dieser Projektion, sollte auf einen geringeren dorsal-excentrischen Winkel von 10° ausgewichen werden.

Fragestellung 3.2. von Seite 26
Durch Einlegen einer kleinen Stahlkugel in den Meatus acusticus externus, d.h. im Bereich der auszuwertenden

Gelenkstrukturen, gelang es klinisch einen Vergrößerungsfaktor für die beurteilten Kiefergelenksröntgenbilder zu bestimmen. Die mit 62 Messungen gefundene Vergrößerung von 5,81% ist um 2% kleiner als ein von STACHNISS (108) in einer Phantomstudie ermittelter Wert von 7,89%. Diese doch sehr kleine Vergrößerung läßt es nicht notwendig erscheinen, sowohl Gelenkspaltbreiten, als auch Kondylenverlagerungen, die sich meist in einer Größenordnung von 0,5 bis maximal 3 mm bewegen, auf dann 1,058 mm statt 1,00 mm oder 2,12 mm statt 2,00 mm hochzurechnen, wenn schon alleine ein projektionsbedingter Fehler von ca. 0,25 mm berücksichtigt werden muß.

Fragestellung 3.3. von Seite 26
Aus den Ergebnissen von Kapitel 4.3.3. läßt sich entnehmen, daß eine exakt wiederholbare Patientenlagerung bezüglich der Frankfurter Horizontalen mit unserer Technik nicht möglich war. Die gefundene durchschnittliche Abweichung von der Horizontalebene um ca. 3^{o} ist für den Aussagewert der Röntgenbilder jedoch von geringem Einfluß.

Fragestellung 3.4. von Seite 26
Erstmals wurde in dieser Untersuchung auch versucht, die Rotation der Kondylen, die durch das Einlegen eines zentrischen Wachsregistrats verursacht wird, mittels eines Röntgenbildes am Gelenk nachzuweisen. Bei über 70% der Testpersonen konnte in beiden Gelenken die Theorie einer Öffnungsrotation bestätigt werden. Der durchschnittliche Öffnungswinkel betrug $2{,}39^{o}$ ($\pm$ $1{,}87^{o}$). Als einzigen vergleichbaren Wert gibt LINDBLOM (68) einen Winkel von 2^{o} zwischen habitueller Interkuspidation und "Ruheposition" des Unterkiefers an. Eine überraschenderweise gefundene Schließrotation, sowohl in einem (22,57%), als auch in beiden Gelenken (3,23%), läßt sich vermutlich auf leichte Gelenkdistraktionen durch das Wachsregistrat oder auf Schwenkungen des Unterkiefers bzw. Transversalverlagerungen zurückführen.

Fragestellung 3.5. von Seite 26
Besonders erwähnenswert erscheint die Tatsache, daß sowohl in sagittaler, als auch in vertikaler Richtung bei ca. 90% die Richtung der Verlagerung in beiden Methoden übereinstimmt. Legt man eine Toleranzschwelle von 0,25 mm zugrunde, so stimmen noch über 50% auch im Betrag der Verlagerung überein.

In Bezug auf die Richtung der Verlagerungen konnte mit beiden Methoden immer noch über 70% Übereinstimmung in allen 4 Werten gefunden werden, jedoch nicht in Betrag und Richtung. Hier fand sich nur noch ca. 20% Übereinstimmung.

In der Literatur fehlen bisher vergleichbare klinische Untersuchungen.
In einer Phantomstudie an einem mazerierten Schädel konnte STACHNISS (108) nachweisen, daß sich vertikale und sagittale Kondylenverlagerungen exakt im Röntgenbild wiederfinden lassen. Es scheint jedoch äußerst fragwürdig, die an einem Schädel gewonnenen Erkenntnisse therapeutisch einsetzen zu wollen.

Aufgrund unserer Untersuchungen läßt sich zusammenfassend feststellen:

1. Für schräglaterale Kiefergelenksröntgenbilder, die zur Positionsdiagnostik herangezogen werden sollen, sollte der Zentralstrahl individuell in Längsrichtung der Kondylenachse orientiert werden. Es können dabei auch weniger übersichtliche Abbildungen entstehen.

   Der Horizontale Kondylenwinkel, den die Kondylenlängsachse mit einer Sagittalebene bildet, beträgt im Mittel ca. 20°.

2. Die Gelenkstrukturen stellen sich auf den mit unserer Methode gewonnenen Röntgenbildern um ca. 6% vergrößert dar. Diese Vergrößerung kann man bei der Beurteilung der Aufnahmen vernachlässigen.

3. Die Patientenlagerung ist bei einer durchschnittlichen Abweichung von 3° in der Horizontalebene in vertretbarer Weise als reproduzierbar anzusehen.

4. Die Rotation der Kondylen, verursacht durch eine geringfügige Mundöffnung bei eingelegtem Wachsregistrat, beträgt im Mittel ca. 2,4°.

5. Kondylenverlagerungen können im individuellen schräglateralen Kiefergelenksröntgenbild diagnostiziert werden. Es ist jedoch nur die Richtung der Verlagerung als hinreichend genau anzunehmen. Metrische Angaben über Richtung und Betrag einer Kondylenverlagerung müssen als zu ungenau abgelehnt werden.

Wenn bei einem Patienten eine Positionierung des Unterkiefers notwendig erscheint, so muß diese immer im Zusammenhang mit einer ausführlichen klinischen und instrumentellen Funktionsanalyse vorgenommen werden, bei der das schräglaterale Kiefergelenksröntgenbild zur Bestätigung der Positionierungsrichtung verwendet werden sollte. Ein Austesten dieser Unterkieferposition mittels eines Aufbißbehelfes steht außer Diskussion.

6. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden klinisch mittels Temporo-Mandibulärer-Relations-Vermessung gefundene Differenzen der Kondylenpositionen zwischen retraler und habitueller Kontaktposition röntgenologisch überprüft.
In einem Vorversuch am mazerierten Schädel zeigte sich, daß mit individuell dorsal-excentrisch eingestellten schräglateralen Röntgenbildern positionsdiagnostisch genauere Aussagen möglich sind, als mit Bildern in Standardprojektionen.

Bei 33 Probanden wurden deshalb axiale Schädelaufnahmen gemacht, um die jeweils individuellen horizontalen Kondylenwinkel zu bestimmen. Es konnte eine große Variabilität dieser Winkel festgestellt werden. Der Mittelwert beträgt 20,57° dorso-ventral und stimmt bei Frauen und Männern überein.

Bei allen Probanden wurden mit Hilfe eines GRAF'schen C-Bogens schräglaterale Kiefergelenksröntgenbilder in IKP und RKP hergestellt. Die RKP war durch ein zentrisches Wachsregistrat gesichert.

Durch eine kleine im äußeren Gehörgang plazierte Stahlkugel konnte klinisch eine relativ unbedeutende Vergrößerung von 5,81% ermittelt werden.

Mit einer selbst angefertigten Zusatzvorrichtung zum C-Bogen wurde die Patientenlagerung auf Reproduzierbarkeit überprüft. Es zeigte sich, daß keine genauen Reproduktionen zu erwarten sind, die Abweichungen jedoch im Bereich des Vertretbaren bleiben.

Das zentrische Wachsregistrat in retraler Kontaktposition bewirkte eine leichte Mundöffnung. Eine daraus resultierende

Rotation der Kiefergelenke ist in den Röntgenbildern sichtbar. Der durchschnittliche Winkel dieser Öffnungsrotation liegt bei ca. 2,5°.

Anhand von Durchzeichnungen der Kiefergelenksröntgenbilder auf Transparentfolie konnten Differenzen der Kondylenpositionen zwischen IKP und RKP bestimmt werden. Diese Differenzen konnten auch mit Hilfe des TMR - Systems nachgewiesen werden.

Im Vergleich der beiden Methoden wurde in Bezug auf die Richtung der Kondylenverlagerung eine zufriedenstellende Übereinstimmung gefunden. Die Beträge dieser Verlagerungen sind jedoch zu unterschiedlich, um sagen zu können, daß Kondylenverlagerungen mit einer der beiden Methoden sicher meßbar wären.

Für den Praktiker bleibt folglich festzuhalten, daß ein gutes schräglaterales Kiefergelenksröntgenbild unter anderem auch **Hinweise** auf eine Kondylenverlagerung geben kann.

7. Literaturverzeichnis

1. ALGYOGYI, H.
Über die isolierte röntgenologische Darstellung des Kiefergelenks.
in: Röntgentaschenbuch, Band IV, Hrsg. Sommer-Nemnich Leipzig 1912

2. ALTSCHUL, W.
Die radiologische Darstellung des Kiefergelenks.
Fortschr. Röntgenstr. 27, 23 - 28 (1919)

3. BARTON, E.J.
Roentgenographic evidence of condylar neck fracture.
Oral Surg. 8, 58 - 63 (1955)

4. BEÄN, N.
Temporomandibular joint radiography with special reference to the Lindblom device.
J.dent.Ass.S.Afr. 10, No.1, 1 (1955)

5. BEYRON, H.
Optimal Occlusion.
Dent.Clin.North Amer. 13, 537 - 554, (1969)

6. BISHOP, P.A.
A roentgen consideration of the temporomandibular joint.
Amer.J.Roentgenol. 21, No.6, 556 - 563 (1929)

7. BJERIN, R.
A comparison between the Frankfort Horizontal and the Sella turcica - Nasion as Reference plane in cephalometric analysis.
Acta odont.Scand. 15, 1 (1957)

8. BLEICKER, R.F.
Ear disturbances of temporo - mandibular origin.
J.Amer.dent.Ass. 25, 1390 - 1399 (1938)

9. BOCAGE, A.E.M.
Procède et dispositifs de radiographie sur plaque on mouvement.
Französ. Patentschrift 536464 (1922)

10. BUSSARD, D., KERR, G., HUTTON, C. and YUNE, H.
Technique and Use of "Corrected-Axis" Tomogramms of the Mandibular Condyles.
Oral Surg. 49, 394 (1980)

11. CHRISTIANSON, E.L.
Temporomandibular - Joint CT.
Scientific Exhibition RSNA Washinton 1984

12. CLEMENTSCHITSCH, F.
Mitteilung einer symetrischen Aufnahme beider Kiefergelenke in postero-anteriorer Richtung.
Z.Stomat.23, 877 - 882 (1941)

13. CLEMENTSCHITSCH, F.
Die Röntgendarstellung des Gesichtsschädels.
Urban & Schwarzenberg, Wien 1948

14. CLEMENTSCHITSCH, F.
Röntgendarstellung der Kiefergelenke.
S. 819 - 866 in DIETHELM, L. et al.: Handbuch der medizinischen Radiologie Röntgendiagnostik Schädel II
Springer, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1963

15. CRADDOCK, F.W.
Radiography of the temporomandibular joint.
J.dent.Res. 32, 302 - 321 (1953)

16. DONOVAN, R.
A method of temporomandibular joint roentgenography for serial or multiple records.
J.Amer.dent.Ass. 49, 401 (1954)

17. DOUB, H.P. and HENNY, F.A.
Radiological study of the temporomandibular joints.
Radiol. 60, 666 - 674 (1953)

18. DOWNS, W.B.
Role of cephalometrics in orthodontic case analysis and diagnosis.
Amer.J.Orthodont. 38, 162 - 182 (1952)

19. DOWNS, W.B.
Analysis of the Dentofacial Profil.
Angle Orthodont. 26, 191 (1956)

20. ECKERDAL, O.
Hypozykloidale Tomographie des Kiefergelenkbereichs.
Dtsch.zahnärztl.Z. 34, 433 - 436 (1979)

21. EGLI, U.
Das Röntgenbild in der kiefergelenkbezüglichen Okklusionsdiagnostik.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 79, 1220 (1969)

22. EGLI, U.
Kiefergelenkröntgenbilder in seitlicher Projektion, eine Technik für die tägliche Praxis.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 82, 380 - 389 (1972)

23. EWERS, R.
Röntgenologische Befunde am Kiefergelenk.
Deutscher Zahnärztekalender Hanser 1984

24. FAIVOVICH, G. and OMNELL, K.-A.
Axial Tomography of the Temporomandibular Joint using Hypocycloidal Movement of Tube and Film.
Dentomaxillofac.Radiol. 6, 7 - 16 (1977)

25. FLEIG, H.
Defektdarstellung am Capitulum Mandibulae.
Med.Diss. Mainz 1972

26. FREESMEYER, W.B.
Persönliche Mitteilung.
Tübingen 1984

27. FREESMEYER, W.B.
Funktionelle Befunde im orofacialen System und deren Wechselwirkung.
Habilitationsschrift Tübingen 1984

28. FREESMEYER, W.B. und LUCKENBACH, A.
Zusammenhänge zwischen anteriorer und posteriorer Führung und therapeutische Konsequenzen.
Jahrestagung d. dtsch. Gesellsch. f. Funktionsdiagnostik Bad Nauheim 1985

29. FREITAG, V. und OESER, M.
Die Darstellung der Kiefergelenke auf Panoramaübersichtsaufnahmen.
Dtsch.zahnärztl.Z. 32, 537 - 541 (1977)

30. FRÖHLICH, F.
Zur Reproduzierbarkeit von Kiefergelenk - Röntgenbildern.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 77: 7, 611 - 627 (1967)

31. GÄRTNER, F.
Die Tomographie der Kiefergelenkköpfchen in axialer, sagittaler Projektion.
Dtsch.zahnärztl.Z. 27, 905 - 908 (1972)

32. GEERING, A.H.
Beurteilung und Interpretation von Kiefergelenkröntgenbildern.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 85, 385 (1975)

33. GERBER, A.
Okklusionslehre, Okklusionsdiagnostik und Okklusionsbehandlung im Wandel unserer Aspekte.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 80, 447 (1970)

34. GRABBE, E., HELLER, M. und BÖCKER, W.
Computertomographie bei Weichteilsarkomen.
Fortschr.Röntgenstr. 131, 372 - 378 (1980)

35. GRAF, H.
Kiefergelenkröntgenbogen TMX
Firmeninformation Vaudaux AG, Basel

36. GRAF, H.
Anleitung zur Herstellung von Kiefergelenkröntgenbildern mit dem Kiefergelenkröntgenbogen TMX.
Kursmemorandum, St. Moritz 1972

37. GRANT, R. and LANTING, H.
An improved technic for roentgenographic examination of the temporomandibular joint and condyle.
J.oral Surg. 11, 95 - 101 (1953)

38. GREWCOCK, R.J.G.
A simple technique for temporomandibular joint radiography.
Brit.dent.J. 94, No 6; 152 (1953)

39. HAENISCH, G.F.
Die isolierte Aufnahme einer Unterkieferhälfte, zugleich ein Beitrag zur Röntgendiagnostik der Unterkiefertumoren.
Fortschr.Röntgenstr. 15, 337 - 339 (1910)

40. HANEL, G.
Eine für die Praxis geeignete reproduzierbare Kiefergelenkröntgenaufnahmetechnik.
Dtsch.zahnärztl.Z. 29, 564 (1974)

41. HANEL, G.
Funktionanalyse und reproduzierbare Kiefergelenk - Röntgenaufnahmetechnik.
Dtsch.zahnärztl.Z. 32, 99 (1977)

42. HAUSSER, E.
Zur röntgenographischen Darstellung des Kiefergelenkes und deren Bedeutung für die Kieferorthopädie.
Dtsch.Zahn-,Mund-u.Kieferheilk. 7, 117 (1940)

43. HELMS, C.A., MORRISH, R.B., KIRCOS, L.T., KATZBERG,R.W. and DOLWICK, M.F.
Computed Tomographie of the Meniscus of the Temporomandibular Joint: Preliminary Observations.
Radiology 145, 719 - 722 (1982)

44. HELMS, C.A., KATZBERG, R.W. and MANZIONE, J.V.
Computed Tomography
in: Internal Derangements of the Temporomandibular Joint. ed by HELMS, C.A., KATZBERG, R.W. and DOLWICK, M.F.; University of California Printing Department, San Francisco 1983

45. HERRMANN, M.
Zur Technik der Röntgenaufnahme des Kieferköpfchens.
Dtsch.med.Wschr. 59, 515, H.13 (1933) und 59, 1738, H.40 (1933)

46. HIGHLEY, L.B.
A head position for scientific radiographic and photographic purposes.
Int.J.Orthodont. 22, No 7, 699 (1936)

47. HIGHLEY, L.B.
Roentnographic interpretation of certain condyle and menton movements.
J.Amer.dent.Ass. 28, No 5, 779 (1941)

48. HOFRATH, H.
Die Bedeutung der Röntgenfern- und Abstandsaufnahme für die Diagnostik der Kieferanomalien.
Fortschr.Orthodent. 1, 232 (1931)

49. HORN, R.
Die Röntgenuntersuchung der Kiefergelenke mit dentalen Röntgenapparaten.
Zahnärztl.Welt 11, 581 (1974)

50. HÜLS, A.
Kiefergelenke und Kaumuskulatur im Computertomogramm. Vergleichende klinisch - röntgenologische Untersuchungen zu Funktionsstörungen im stomatograthen System.
Med.Diss. Tübingen 1981

51. HÜLS, A., LUCKENBACH, A. und TOBIEN, M.
Computertechnologien in der Funktionsdiagnostik: Anwendungsbereiche und Entwicklungstendenzen.
Zahnärztl.Welt 93, 774 - 785 (1984)

52. HÜLS, A., WALTER, E. und SCHULTE, W.
Die Sekundärschnittrekonstruktion in der computertomographischen Darstellung des Kiefergelenks.
Dtsch.zahnärztl.Z. 39, 710 - 717 (1984)

53. HÜLS, A., WALTER, E. und SÜß, Ch.
Anwendungsbereiche der computertomographischen Gelenkdiagnostik.
Dtsch.zahnärztl.Z. 39, 933 - 938 (1984)

54. HÜLS, A., WALTER, E., SCHULTE, W. und FREESMEYER, W.B.
Computertomographische Stadieneinteilung des dysfunktionellen Gelenkkopfumbaus.
Dtsch.zahnärztl.Z. 40, 37 - 51 (1985)

55. HÜLS, A., WALTER, E., SCHULTE, W. und SÜß, Ch.
Zur Darstellung des Discus artikularis im CT.
Dtsch.zahnärztl.Z. 40, 326 - 331 (1985)

56. JEND-ROSSMANN, I. und JEND, H.-H.
Anwendungsmöglichkeiten und Indikation moderner Computertomographie in der Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie. Teil II
Dtsch.Z.Mund-Kiefer-Gesichts-Chir. 7, 356 - 362 (1983)

57. KAPUDAGI, Y.
Die Lagebeziehung zwischen dem Capitulum Mandibulae und der Fossa artikularis des Kiefergelenks - Eine röntgenologische Studie -
Med.Diss. Bonn 1982

58. KÖRBER, E.
Die Kieferrelationsbestimmung.
Der freie Zahnarzt 25, 4/1981

59. KÖRBER, E. und LUCKENBACH, A.
Beitrag zur Registrierung der räumlichen Bewegung des Unterkieferincisalpunktes und der Kondylen.
Quintessenz, 33, 1915 (1982)

60. KRENKEL, Ch., KULMER, S. und POISEL, S.
Die modifizierte Runström -IV- Röntgenaufnahme als Grundlage für ein individuell eingestelltes Kiefergelenksröntgen.
Öst.Z.Stomat. 79, 4 (1982)

61. KRÜGER, W. und KUBEIN, D.
Funktionelle Aspekte der Zahnoberflächen unter besonderer Berücksichtigung der okklusal-funktionellen Gestaltung der Frontzähne.
Zahnärztl.Welt 87, Nr.8 (1978)

62. KUBEIN, D. und KRÜGER, W.
Probleme mit der Frontzahnführung. Bewegungs- und Kraftmodelle an den palatinalen Konkavitäten der oberen Frontzähne.
Zahnärzl.Welt 87, Nr.8 (1978)

63. KUBEIN, D. und KRÜGER, W.
Funktionelle Betrachtungen von Ober- und Unterkieferfrontzahnbreiten, sagittaler Stufe und Überbiß.
Zahnärztl.Welt 87, Nr.8 (1978)

64. KUBEIN, D. und KRÜGER, W.
Bruxierbereiche als Ausdruck bestehender Disharmonien zwischen Front-, Kiefergelenkführung und Seitenzahnokklusion.
Zahnärztl.Welt 87, Nr. 13 (1978)

65. KULMER, S. und KRENKEL, Ch.
Kiefergelenksröntgen treffsicher und aussagekräftig mit der Runsröm -IV- Röntgenaufnahme.
Zahnärztliche Praxis 33, 6 (1982)

66. KUNDERT, M.
Zum Aussagewert des Kiefergelenkröntgenbildes nach Schüller für die gelenkbezogene Okklusionsdiagnostik.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 4, 86 (1976)

67. KUNDERT, M.
Limits of perceptibility of condyle displacements on temporomandibular joint radiographs.
J.Oral Rehab. 6, 375 - 385 (1979)

68. LINDBLOM, G.
Technique for Roentgenographic Registration of the different condyle positions in the temporomandibular joint.
Dent.Cosmos 78, Nr. 12, 1227 (1936)

69. LINDBLOM, G.
On the anatomy and funktion of the temporomandibular joint.
Acta odont.scand. 17, Suppl. 28 (1960)

70. LOEPP, W. und LORENZ, R.
Röntgendiagnostik des Schädels.
Thieme, Stuttgart 1971

71. LUCKENBACH, A.
Untersuchungen zur Unterkieferbewegung mit Hilfe eines elektronischen, computergestützten Registriersystems (ECRS).
Med.Diss. Tübingen 1983

72. MATHIS, H. und HAMMER, F.
Über die Möglichkeiten der Tomographie in der Stomatologie.
Z.Stomat. 39, 20, 749 (1941)

73. MOORREES, C.F.A.
Normal variation and its bearing on the use of the cephalometric radiographs in orthodontic diagnosis.
Amer.J.Orthodont. 39, 12 (1953)

74. MOORREES, C.F.A. und KEAN, M.P.
Die natürliche Kopfhaltung und ihre grundlegende Bedeutung für die Beurteilung zephalometrischer Röntgenaufnahmen.
Fortschr.Kieferorthop. 20, H.2 (1959)

75. MOTSCH, A.
Funktionsorientierte Einschleiftechnik für das natürliche Gebiß.
Hanser, München 1977

76. MÜLLER, T.
Der Einfluß okklusaler Disharmonien auf die Lage der Kondylen.
Med.Diss. Tübingen 1982

77. OMNELL, K.-A. and PETERSON, A.
Radiography of the temporomandibular Joint utilizing Oblique Lateral Transcranial Projektions. Comparison of Information Obtained with Standarized Technique and Individualized Technique.
Odont.Revy 27, 77 (1976)

78. OTT, K.
Vergleich röntgenologischer Darstellungen des Kiefergelenks.
Zahnärztl.Praxis 4, 138 (1978)

79. PAATERO, Y.V.
A new Tomographical Method for Radiographing Curved outer Surfaces.
Acta Radiol. 32, 177 (1949)

80. PALLA, S.
Eine Mittelwertprojektion in schräglateraler Projektion.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 11, 1207 (1976)

81. PARMA, C.
Röntgenographie der Zähne und der Kiefer.
Urban und Schwarzenberg, Berlin,Wien 1937

82. PETRILLI, A.
Tomographie of the Temporomandibular Joint.
J.Amer.dent.Ass. 26, 218 - 224 (1939)

83. PORDES, F.
Röntgenaufnahme des Unterkiefers, insbesondere des Kiefergelenks und des Processus coronoideus mandibularis in Rückenlage bei seitwärts gewendetem Kopf.
Wien.med.Wschr. 34 (1914)

84. PORTES, F.
Französ.Patentschrift 541941 (1922)

85. POSSELT, U.
Movement Areas of the Mandible.
J.prosth.Dent. 16, 375 (1957)

86. POSSELT, U.
Terminal Hinge Movement of the Mandible.
J.prosth.Dent. 16, 787 (1957)

87. RAMFJORD, S.P. and ASH, M.
Physiologie und Therapie der Okklusion.
Quintessenz, Berlin 1968

88. RAMFJORD, S.P.
Die Voraussetzungen für eine ideale Okklusion.
Dtsch.zahnärztl.Z. 26, 106 (1971)

89. REFF, H.
Zentrale und habituelle Okklusion - Röntgenbild, Modellbefund, Resilienztest -
Med.Diss. Hanover 1984

90. RICKETTS, M.R.
Laminography in the Diagnosis of Temporomandibular Joint Disorders.
J.Amer.dent.Ass. 46, 620 (1953)

91. RICKETTS, M.R.
The role of cephalometrics in prosthetic diagnoses.
J.prosth.Dent. 6, 488 (1956)

92. RIESNER, K. und GOSEPATH, J.
Schädeltomographie.
Thieme, Stuttgart 1973

93. ROTTKE, B. und FUHRMANN, A.
Erfahrungen mit dem Panoramaschichtgerät Zonarc.
Dtsch.zahnärztl.Z. 39, 920 - 922 (1984)

94. ROZENCWEIG, D. and MARTIN, G.
Selective tomography of the TMJ and the myofacial pain - dysfunktion syndrom.
J.prosth.Dent. 40, 67 - 73 (1978)

95. SCHLEGEL, W.
Die röntgenologische Ermittlung der sagittalen Kondylenbahn.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 52, 1, 1 (1942)

96. SCHÖTTL, W.
Das TMR - System, Prä - Therapie als Voraussetzung der Rehabilitation.
Quintessenz, Berlin 1978

97. SCHÜLLER, A.
Die Schädelbasis im Röntgenbild.
Gräge und Sillem, Hamburg 1905

98. SCHULTE, W.
Die Muskelentspannung zur Therapie der Arthropathien desKiefergelenks - zugleich ein Beitrag zur Steuerung des muskulo-mandibulären Bewegungssystems.
Dtsch.zahnärztl.Z. 22, 858 - 873 (1967)

99. SCHULTE, W.
Gezielte Funktionsanalyse und Physio - Therapie - Erfahrungen bei 442 Patienten mit Myoarthropathien.
Dsch.zahnärztl.Z. 27, 779 - 795 (1972)

100. SCHULTE, W.
Kiefergelenkerkrankungen und Funktionsstörungen.
In: Schwenzer, N. und Grimm, G. Zahn-, Mund-Kieferheilkunde Band 2, S. 118 - 195
Thieme, Stuttgart-New York 1981

101. SETZ, D.
Ein Beitrag zur Röntgendiagnostik von Kiefergelenken.
Zahnärztl.Welt 63, 498 (1962)

102. SETZ, D. und SCHOLZ, G.
Möglichkeiten und Grenzen der Tomographie zur Diagnose von Kiefergelenkerkrankungen.
Dtsch.zahnärztl.Z. 20, 460 - 464 (1965)

103. SHORE, N.A.
Roentgenography of the Temporomandibular Joint.
In: Occlusal Equilibration and Temporomandibular Joint Dysfunktion. S. 180 - 200
Lippincott Company, Philadelphia 1959

104. SIEBERT, G. und LANG, T.
Zur axialen, schräglateralen Röntgenaufnahme des Kiefergelenks und deren Reproduzierbarkeit (eine methodische Studie).
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 91, 12, 1025 - 1036 (1981)

105. SIEBERT, G.
Zahnärztliche Funktionsdiagnostik: mit und ohne Hilfsmittel.
Hanser, München-Wien 1984

106. SITZMANN, F. und WINKLMAIR, M.
Zur Darstellung der Kiefergelenkwalze und des Kiefergelenkspaltes.
Zahnärztl.Welt 20, 940 (1976)

107. STACHNISS, V., KUBEIN, D. und KRÜGER, W.
Zur Frage der metrischen Auswertbarkeit von Lageveränderungen des Kondylus im Kiefergelenkröntgenbild.
Zahnärztl.Welt 9, 416 - 421 (1979)

108. STACHNISS, V.
Diagnostik und Therapie okklusionsbedingter Störungen der Kiefergelenkfunktion: Möglichkeiten und Grenzen.
Hanser, München-Wien 1984

109. STEINHARDT, G.
Röntgenologische und vergleichende anatomische Untersuchungen zur Diagnostik des gesunden und kranken Kiefergelenkes.
Dtsch.zahnärztl.Wschr. 37, H.2, 30 (1934)

110. STUART, C.E.
Good Occlusion for Natural Teeth.
J.prosth.Dent. 14, 716 (1964)

111. TVEITO, L.
Beurteilung der Gelenkspaltbreite.
Dtsch.zahnärztl.Z. 29, 550 (1974)

112. TVEITO, L.
Die transantrale Kiefergelenkprojektion - eine Ergänzung der transversalen Projektionen.
Dtsch.zahnärztl.Z. 32, 583 - 587 (1977)

113. UPDEGRAVE, W.J.
An evaluation of temporomandibular joint roentgenography.
J.Amer.dent.Ass. 46, 408 (1953)

114. WEINBERG, L.A.
An evaluation of dublicability of temporomandibular joint radiographs.
J.prosth.Dent. 24, 512 (1970)

115. WEINBERG, L.A.
Technique for temporomandibular joint radiographs.
J.prosth.Dent. 28, 284 - 308 (1972)

116. WEINBERG, L.A.
An evaluation of asymetry in TMJ radiographs.
J.prosth.Dent. 40, 315 (1978)

117. WILLIAMSON, E.H. and WILSON, C.W.
"Use of a submental - vertex analysis for producing quality temporomandibular joint laminographs."
Amer.J.Orthodont. 70, 200 - 207 (1976)

118. ZANELLI, A.
Le proiezioni radiographiche dell'articolatione temporo - mandibulare.
Radiol.med.(Torino) 16, 495 - 499 (1929)

119. ZEIHER, W.
Untersuchungen zur Lage des Unterkiefers bei Patienten mit vollbezahntem Gebiß mit Hilfe einer graphischen Registriermethode.
Med.Diss. Tübingen 1972

120. ZIMMER, E.A.
Eine neue Aufnahmemethode des Kiefergelenks.
Sitzungsber. der Schweizer Röntgengesellschaft vom 3.6.1939
Fortschr.Röntgenstr. 60, 100 (1939)

121. ZIMMER, E.A.
Die Röntgenologie des Kiefergelenks.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 51, 949 - 983 (1941)

Anhang

Im folgenden werden die gemessenen Einzelwerte aller 33 Probanden angeführt.

Zeile 1	Abkürzungen für Namen und Geschlecht der Probanden.
Zeile 2	Horizontaler Condylenwinkel (HCW) für das rechte und linke Kiefergelenk, sowie die Differenz (d HCW) der beiden Winkel.
Zeile 3	Differenzwinkel a der einprojizierten Frankfurter Horizontalen zwischen den Aufnahmen in RKP und IKP für das rechte und linke Kiefergelenk. Der Winkel d a beschreibt den Unterschied zwischen rechtem und linkem a - Wert.
Zeile 4	Öffnungswinkel w; positiv "+" bei Drehrichtung "Öffnung". Der Winkel d w beschreibt den Unterschied zwischen rechtem und linkem w - Wert.
Zeilen 5 u. 6	RKP - IKP - Differenzen in mm im Temporomandibulären-Relationssystem (TMR). Die RKP wurde als fest angenommen, die angeführten Werte entsprechen der jeweiligen Kiefergelenksverlagerung zur IKP.
Zeilen 7 u. 8	RKP - IKP - Differenzen in mm röntgenologisch bestimmt.
Zeile 9	Im Röntgenbild gemessener Durchmesser "D" der in den äußeren Gehörgang eingelegten Stahlkugel.

1. **B.W., m.**

HCW_r: 21°	HCW_l: 24°	dHCW: 3°
a_r: 1,5°	a_l: 2,5°	da: 1,0°
w_r: +1,5°	w_l: +2,5°	dw: 1,0°

TMR

links	0	0
rechts	0,50 cranial	0,50 ventral

Röntgen

links	0,75 caudal	0,50 ventral
rechts	0,75 caudal	0,25 dorsal

D_r: 5,8 mm D_l: 5,7 mm

2. **A.T., m.**

HCW_r: 30°	HCW_l: 21°	dHCW: 9°
a_r: 3,5°	a_l: 3,0°	da: 0,5°
w_r: +1,5°	w_l: +3,5°	dw: 2,0°

TMR

links	0,75 caudal	0,25 ventral
rechts	0	1,00 ventral

Röntgen

links	1,25 caudal	0,25 ventral
rechts	0	0,75 ventral

D_r: 5,8 mm D_l: 5,8 mm

3. **J.O., w.**

HCW_r: 26°	HCW_l: 25°	dHCW: 1°
a_r: 1,0°	a_l: 1,0°	da: 0
w_r: +1,5°	w_l: +1,5°	dw: 0

TMR

links	1,00 caudal	1,00 ventral
rechts	0,75 caudal	0,75 ventral

Röntgen

links	0,50 caudal	0,75 ventral
rechts	0,25 caudal	0,50 ventral

D_r: 5,8 mm D_l: 5,8 mm

4. S.W., w.

HCW_r: 25° HCW_l: 23° dHCW: 2°
a_r: 0 a_l: 0 da: 0
w_r: +4,0° w_l: +0,5° dw: 3,5°

TMR			
	links	1,00 caudal	0,5 dorsal
	rechts	1,75 caudal	0,5 dorsal
Röntgen	links	1,00 caudal	0,5 dorsal
	rechts	0,25 caudal	0,5 dorsal

D_r: 6,0 mm D_l: 5,9 mm

5. B.E., w.

HCW_r: 10° HCW_l: 19° dHCW: 9°
a_r: 10,0° a_r: 10,5° da: 0,5°
w_r: +4,5° w_l: +3,0° dw: 1,5°

TMR		
links	0,5 caudal	0
rechts	1,00 caudal	0,25 ventral
Röntgen		
links	0,50 caudal	0
rechts	0,50 caudal	0,25 ventral

D_r: 5,9 mm D_l: 5,9 mm

6. U.L., m.

HCW_r: 17° HCW_l: 22° dHCW: 5°
a_r: 5,5° a_l: 8,0° da: 2,5°
w_r: +0,5° w_l: -1,0° dw: 1,5°

TMR		
links	0,25 caudal	0,50 dorsal
rechts	0,25 caudal	0
Röntgen		
links	3,75 caudal	0,75 ventral
rechts	0,25 caudal	0

D_r: 5,7 mm D_l: 5,8 mm

7. R.L., m.

HCW_r: 18°	HCW_l: 26°	dHCW: 8°
a_r: 0	a_l: 0	da: 0
w_r: +5,0°	w_l: +4,0°	dw: 1,0°

TMR

links	0,50 cranial	0,75 ventral
rechts	0	0

Röntgen

links	1,00 caudal	1,00 ventral
rechts	0	0

D_r: 5,7 mm D_l: 5,9 mm

8. B.M., m.

HCW_r: 21°	HCW_l: 22°	dHCW: 1°
a_r: 2,0°	a_l: 6,0°	da: 4,0°
w_r: +2,0°	w_l: +4,0°	dw: 2,0°

TMR

links	0	0,75 ventral
rechts	0,25 caudal	1,25 ventral

Röntgen

links	2,50 caudal	0,75 ventral
rechts	1,25 caudal	0,25 ventral

D_r: 5,9 mm D_l: 6,0 mm

9. G.S., m.

HCW_r: 26°	HCW_l: 20°	dHCW: 6°
a_r: 4,0°	a_l: 0	da: 4,0°
w_r: -4,0°	w_l: +2,0°	dw: 6,0°

TMR

links	0,25 caudal	0,75 ventral
rechts	0,25 cranial	0,75 ventral

Röntgen

links	0,75 caudal	0,50 dorsal
rechts	0,25 cranial	1,00 ventral

D_r: 5,7 mm D_l: 5,7 mm

10. M.K., m.

HCW_r: 11° HCW_l: 10° dHCW: 1°
a_r: 2,0° a_l: 5,0° da: 3,0°
w_r: +0,5° w_l: +2,5° dw: 2,0°

TMR

links	0,75 caudal	0,50 ventral
rechts	1,00 caudal	2,00 ventral

Röntgen

links	1,00 caudal	0,50 ventral
rechts	0,75 caudal	0,75 ventral

D_r: 5,9 mm D_l: 5,7 mm

11. J.G., m.

HCW_r: 16° HCW_l: 19° dHCW: 3°
a_r: 1,0° a_l: 4,0° da: 3,0°
w_r: +6,0° w_l: +2,0° dw: 4,0°

TMR

links	0,25 caudal	0,50 ventral
rechts	0,75 caudal	1,00 ventral

Röntgen

links	0,75 caudal	0,75 ventral
rechts	0,50 caudal	0,25 ventral

D_r: 6,0 mm D_l: 5,8 mm

12. W.S., m.

HCW_r: 12° HCW_l: 20° dHCW: 8°
a_r: 0 a_l: 1,5° da: 1,5°
w_r: +1,5° w_l: +1,0° dw: 0,5°

TMR

links	0,50 caudal	1,00 ventral
rechts	0,75 cranial	0,25 ventral

Röntgen

links	0,25 caudal	0,25 ventral
rechts	0,25 cranial	0,25 ventral

D_r: 5,7 mm D_l: 5,7 mm

13. U.S., m.

HCW_r: 27°	HCW_l: 23°	dHCW: 4°
a_r: 0,5°	a_l: 1,0°	da: 0,5°
w_r: -2,5°	w_l: +4,0°	dw: 6,5°

TMR

links	0	0
rechts	0,50 cranial	1,00 ventral

Röntgen

links	0	0
rechts	0,75 cranial	1,25 ventral

D_r: 5,8 mm D_l: 5,9 mm

14. M.W., m.

HCW_r: 9°	HCW_l: 14°	dHCW: 5°
a_r: 11,5°	a_l: 8,5°	da: 3,0°
w_r: +2,0°	w_l: +0,5°	dw: 1,5°

TMR

links	1,00 caudal	0,25 ventral
rechts	0,25 caudal	0,50 dorsal

Röntgen

links	0,50 caudal	0,25 ventral
rechts	1,25 cranial	1,50 dorsal

D_r: 5,7 mm D_l: 5,9 mm

15. M.B., m.

HCW_r: 23°	HCW_l: 20°	dHCW: 3°
a_r: 8,5°	a_l: 7,5°	da: 1,0°
w_r: +2,0°	w_l: +3,0°	dw: 1,0°

TMR

links	0,50 cranial	0,50 ventral
rechts	0	0

Röntgen

links	0,25 cranial	0,25 ventral
rechts	0	0,25 dorsal

D_r: 5,9 mm D_l: 5,9 mm

16. **R.U., m.**

HCW_r: 10° HCW_l: 5° dHCW: 5°
a_r: 0° a_l: 1,0° da: 1,0°
w_r: +0,5° w_l: +5,5° dw: 5,0°

TMR

links	0,50 cranial	0,25 ventral
rechts	0,75 caudal	0,50 ventral

Röntgen

links	0,50 cranial	0,75 dorsal
rechts	0,25 cranial	0

D_r: 5,8 mm D_l: 5,9 mm

17. **P.C., m.**

HCW_r: 24° HCW_l: 20° dHCW: 4°
a_r: 0 a_l: 4,0° da: 4,0°
w_r: +0,5° w_l: +0,5° dw: 0

TMR

links	0,25 caudal	0
rechts	0,75 caudal	0,50 ventral

Röntgen

links	0,50 caudal	0
rechts	1,50 caudal	1,25 ventral

D_r: 5,8 mm D_l: 6,0 mm

18. **E.H., w.**

HCW_r: 10° HCW_l: 16° dHCW: 6°
a_r: 1,5° a_l: 1,5° da: 0
w_r: +0,5° w_l: +0,5° dw: 0

TMR

links	0,50 cranial	0,50 ventral
rechts	0,50 cranial	1,00 ventral

Röntgen

links	0,25 cranial	0,25 ventral
rechts	0,25 cranial	0,25 ventral

D_r: 5,8 mm D_l: 5,9 mm

19. G.N., w.

HCW_r: 23°	HCW_l: 22°	dHCW: 1°
a_r: 4,5°	a_l: 0	da: 4,5°
w_r: +2,0°	w_l: +1,5°	dw: 0,5°

TMR

links	0	1,00 dorsal
rechts	0	0,25 ventral

Röntgen

links	0	0,25 dorsal
rechts	0	0,25 ventral

D_r: 6,0 mm D_l: 5,9 mm

20. A.B., m.

HCW_r: 16°	HCW_l: 21°	dHCW: 5°
a_r: 4,0°	a_l: 2,5°	da: 1,5°
w_r: +6,0°	w_l: +1,0°	dw: 5,0°

TMR

links	1,00 caudal	0
rechts	0,25 caudal	0

Röntgen

links	0,75 caudal	0
rechts	0,25 caudal	0

D_r: 5,9 mm D_l: 5,7 mm

21. B.W., m.

HCW_r: 28°	HCW_l: 31°	dHCW: 3°
a_r: 1,0°	a_l: 1,0°	da: 0
w_r: -3,0°	w_l: +1,0°	dw: 4,0°

TMR

links	0	1,00 ventral
rechts	0,75 cranial	0,75 ventral

Röntgen

links	0	o,75 ventral
rechts	0,75 cranial	0,50 ventral

D_r: 5,9 mm D_l: 6,0 mm

22. **P.B., m.**

HCW_r: 16°	HCW_l: 13°	dHCW: 3°
a_r: 4,0°	a_l: 4,0°	da: 0
w_r: +2,0°	w_l: +5,0°	dw: 3,0°

TMR

links	0,25 caudal	0,25 ventral
rechts	0,75 caudal	0,50 ventral

Röntgen

links	0,25 caudal	0,50 ventral
rechts	1,00 caudal	0,50 ventral

D_r: 5,7 mm D_l: 5,7 mm

23. **H.D., m.**

HCW_r: 22°	HCW_l: 22°	dHCW: 0
a_r: 1,0°	a_l: 2,0°	da: 1,0°
w_r: +1,5°	w_l: +3,5°	dw: 2,0°

TMR

links	0,25 caudal	0,75 ventral
rechts	0,25 caudal	1,50 ventral

Röntgen

links	0,25 caudal	0,25 ventral
rechts	0,75 caudal	0,25 ventral

D_r: 5,8 mm D_l: 5,9 mm

24. **U.G., w.**

HCW_r: 20°	HCW_l: 18°	dHCW: 2°
a_r: 3,0°	a_l: 5,5°	da: 2,5°
w_r: -6,0°	w_l: +5,0°	dw: 11,0°

TMR

links	1,00 caudal	1,50 ventral
rechts	1,50 caudal	2,75 ventral

Röntgen

links	1,00 caudal	0,75 ventral
rechts	0,75 caudal	1,50 ventral

D_r: 5,7 mm D_l: 5,7 mm

25. C.S., m.

HCW_r: 19° HCW_l: 15° dHCW: 4°
a_r: 0,5° a_l: 6,0° da: 5,5°
w_r: 0 w_l: 0 dw: 0

TMR

links	0	0,25 dorsal
rechts	0,50 caudal	0,75 ventral

Röntgen

links	0	0,25 dorsal
rechts	1,00 caudal	0,75 ventral

D_r: 5,8 mm D_l: 5,9 mm

26. C.-P.C., m.

HCW_r: 21° HCW_l: 23,5° dHCW: 1,5°
a_r: 2,0° a_l: 6,0° da: 4,0°
w_r: +4,5° w_l: +2,5° dw: 2,0°

TMR

links	1,00 caudal	1,00 dorsal
rechts	0,75 caudal	0,75 dorsal

Röntgen

links	0,50 caudal	1,25 dorsal
rechts	1,25 caudal	2,25 dorsal

D_r: 6,0 mm D_l: 5,8 mm

27. W.W., m.

HCW_r: 24° HCW_l: 21° dHCW: 3°
a_r: 8,5° a_l: 5,0° da: 3,5°
w_r: -4,0° w_l: 0 dw: 4,0°

TMR

links	0	0
rechts	0,75 cranial	0,50 ventral

Röntgen

links	0	0
rechts	1,00 cranial	0,25 ventral

D_r: 5,7 mm D_l: 5,8 mm

28. M.H., w.

HCW_r: 28°	HCW_l: 31°	dHCW: 3°
a_r: 10,0°	a_l: 3,5°	da: 6,5°
w_r: +1,0°	w_l: +5,0°	dw: 4,0°

TMR

links	0,75 caudal	1,00 ventral
rechts	0	0,75 ventral

Röntgen

links	0,50 caudal	0,25 ventral
rechts	0	1,00 ventral

D_r: 5,8 mm D_l: 5,7 mm

29. J.M., m.

HCW_r: 16°	HCW_l: 20°	dHCW: 4°
a_r: 2,0°	a_l: 0,5°	da: 1,5°
w_r: -1,5°	w_l: -9,0°	dw: 7,5°

TMR

links	0,25 caudal	0,75 ventral
rechts	0,50 cranial	0,50 ventral

Röntgen

links	0,25 caudal	1,25 ventral
rechts	1,75 cranial	0,50 ventral

D_r: 5,7 mm D_l: 5,8 mm

30. S.A., w.

HCW_r: 16°	HCW_l: 17°	dHCW: 1°
a_r: 8,5°	a_l: 0,5°	da: 8,0°
w_r: +4,0°	w_l: -0,5°	dw: 4,5°

TMR

links	0,25 cranial	1,00 ventral
rechts	1,00 cranial	0,75 ventral

Röntgen

links	0,75 cranial	0,25 ventral
rechts	0	0,25 ventral

D_r: 5,8 mm D_l: 5,8 mm

31. **M.L., m.**

HCW_r: 22°	HCW_l: 17°	dHCW: 5°
a_r: 0	a_l: 1,5°	da: 1,5°
w_r: +2,5°	w_l: +4,0°	dw: 1,5°

TMR

links	1,25 caudal	1,00 ventral
rechts	1,00 caudal	0,25 ventral

Röntgen

links	0,75 caudal	0,25 ventral
rechts	2,00 caudal	0,25 ventral

D_r: 5,7 mm D_l: 5,7 mm

32. **M.W., m.**

HCW_r: 40°	HCW_l: 34°	dHCW: 6°

33. **P.E., m.**

HCW_r: 27°	HCW_l: 29°	dHCW: 2°

* Anmerkung zur Strahlenrichtung

Abweichend von der internationalen Nomenklatur für die Strahlenrichtung von Röntgengeräten wurden auch Bezeichnungen aus der Originalliteratur übernommen.
Eine cranio-caudale Zentralstrahleinstellung wurde auch als "cranial-excentrisch" oder "cranial" bezeichnet; ebenso eine dorso-ventrale Einstellung als "dorsal-excentrisch" oder "dorsal".

DANKSAGUNG

Herrn Privatdozent Dr. W.B. Freesmeyer danke ich ganz herzlich für die Überlassung des Themas, seine sehr gute Betreuung und die stets freundliche Beratung während der Durchführung der Arbeit.

Herrn Professor Dr. H. Wörner sei gedankt für die aufrichtige Mühe bei der Erstellung des Coreferats.

Für die Unterstützung bei der Durchführung der Röntgenaufnahmen möchte ich mich bei Frau Gudrun Gote, Frau Gisela Ornaf und Frau Martina Keinath besonders bedanken.

Meiner Frau Charlotte danke ich für das Schreiben des Manuskripts und ihre große Geduld und Rücksichtnahme.

L E B E N S L A U F

Am 18.04.1955 wurde ich, Heini Kieselmann, als Sohn des Günter Kieselmann und dessen Ehefrau Elly, geb. Hellerich, in Eutingen a.d. Enz geboren.

Im April 1962 trat ich in die Grundschule in Eutingen ein, von der ich dann am 19. April 1966 auf das mathematisch-naturwissenschaftliche Kepler-Gymnasium in Pforzheim überwechselte. Hier legte ich auch am 22. Juni 1974 die Reifeprüfung ab.

Am 01.07.1974 erfolgte die Einberufung zur Bundeswehr, in der ich bis zum 04.09.1975 diente.

Vom 01. September 1975 bis 28. Februar 1978 lernte ich bei der Firma Dentaltechnik Gause den Beruf des Zahntechnikers und arbeitete dort als solcher bis zum Beginn des Sommersemesters 1978.

An den Universitäten Mainz und Aachen belegte ich die Fächer Physik und Chemie bis ich zum Wintersemester 1978/79 die Zulassung zum Studium der Zahnmedizin an der Eberhard-Karls-Universität erhielt.

Am 09. Oktober 1979 legte ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung und am 16. März 1981 die zahnärztliche Vorprüfung ab. Die zahnärztliche Prüfung bestand ich am 14. Dezember 1983.

Seit dem 01. Mai 1984 arbeite ich als wissenschaftlicher Angestellter an der prothetischen Abteilung I am Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Tübingen.

Am 20. Juli 1979 heiratete ich Charlotte Kieselmann, geb. Britsch